

Phys. sp.

302

u

Phys. sp. 302^u

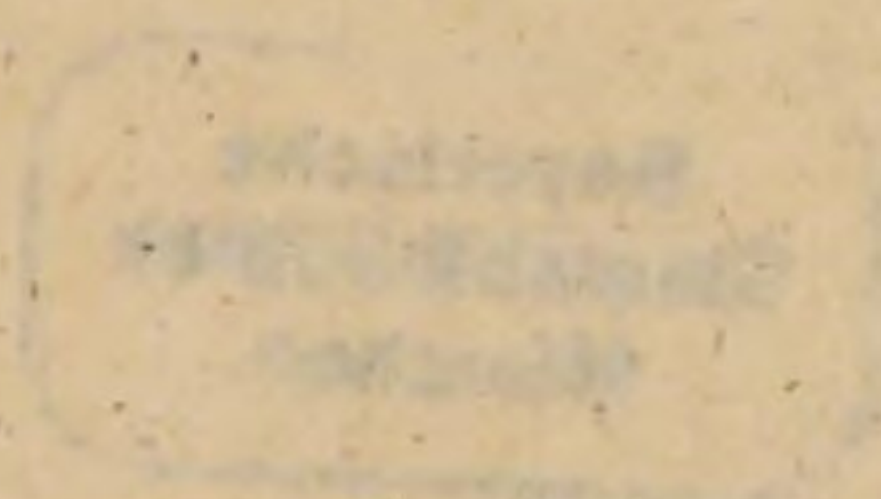
Hofmann

Somatologie

Lehre von der inneren Beschaffenheit der Körper

auf Grund einer vorläufigen Darstellung der
des chemischen, morphologischen, histologischen
Eigenschaften derselben.

Dr. J. V. Hofmann.



Verlag von J. Neumann, Neudamm, Berlin.

Das Recht der Uebersetzung ist vorbehalten.

Göttingen.

Verlag von J. Neumann, Neudamm, Berlin.

1863.

Somatologie

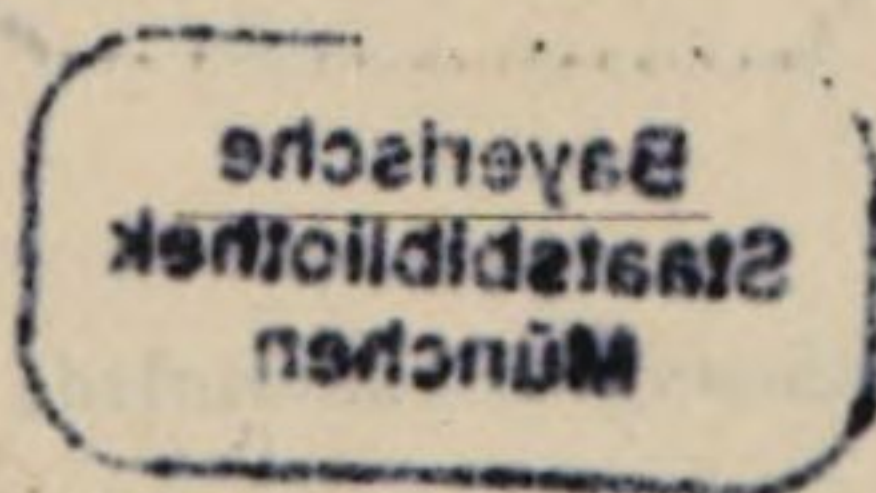
oder

Lehre von der inneren Beschaffenheit der Körper

auf Grund einer vergleichenden Betrachtung
der chemischen, morphologischen und physikalischen
Eigenschaften derselben.

Von

Dr. J. V. Hofmann.



Mit 12 in den Text eingedruckten Holzschnitten.

(Das Recht der Uebersetzung ist vorbehalten.)

Göttingen,

Vandenhoeck und Ruprecht's Verlag.

1863.

18 - 13.

20 m a t o l o g i e

Lehre von der inneren Beschaffenheit
des Körpers

aus Grund einer vergleichenden Betrachtung
der chemischen, morphologischen und physikalischen
Eigenschaften derselben.

BIBLIOTHECA
REGIA
MONACENSIS

Bayerische
Staatsbibliothek
München

Nr. 12 in der Zeit eingekommen (Bibliothek)

(Ein Bogen der Lebensbeschreibung ist vorhanden.)

Göttingen.

Vandenhoeck und Ruprecht's Verlag.

1868.

Seinen Hochverehrten Lehrern,

dem Herrn

Professor Dr. C. Fr. Naumann

und

dem Herrn

Professor Dr. W. Th. Hankel

in Leipzig

ehrfurchtsvoll gewidmet

vom Verfasser.

Seinen Hochverehrten Lehrern

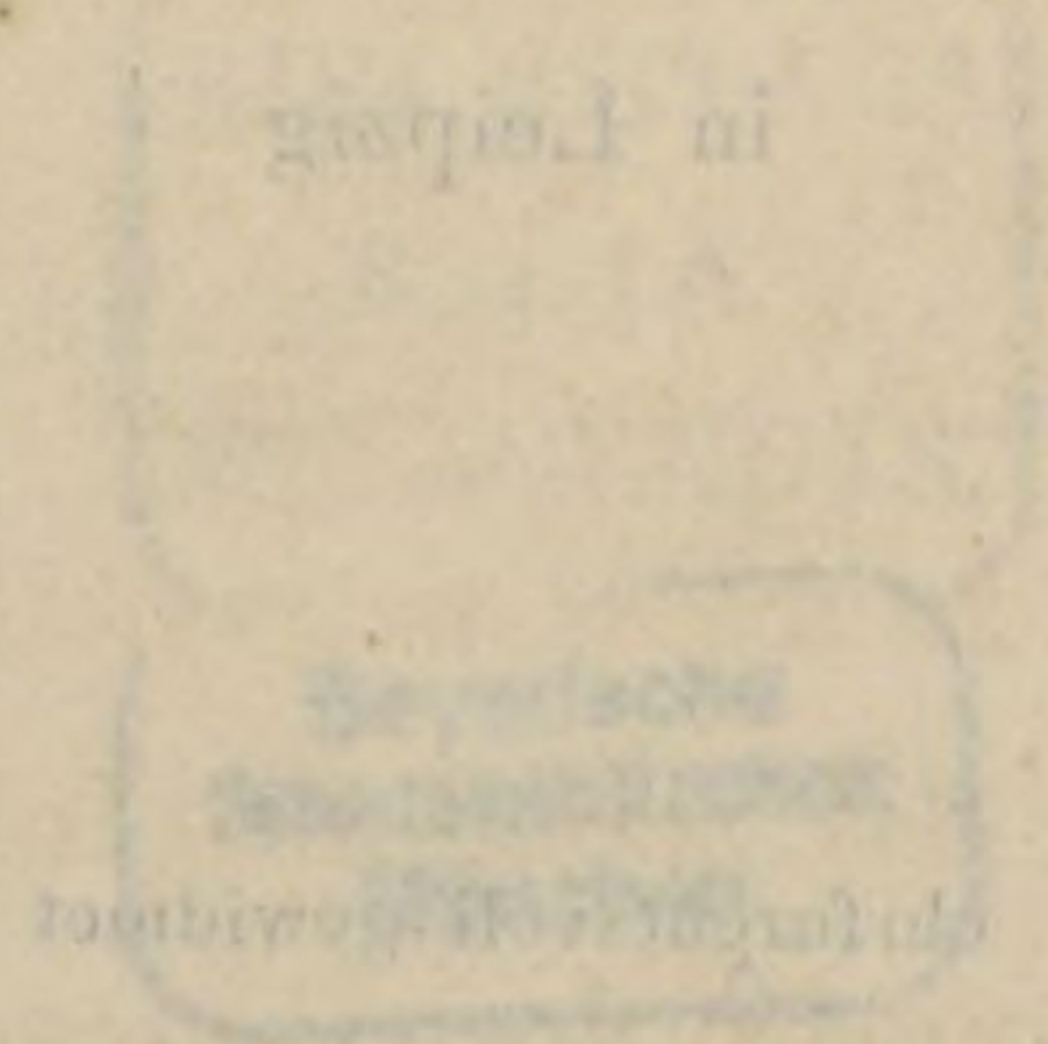
dem Herrn

Professor Dr. C. Fr. Naumann

und

dem Herrn

Professor Dr. W. Th. Hankel



Vorwort.

Seitdem die Chemie mit einer Menge Thatsachen bekannt gemacht hat, welche den Beweis liefern, dass das Wesen der Körper durch ihren materiellen Inhalt keineswegs vollständig, sondern nur theilweise bedingt wird, ist man immer mehr zu der Einsicht gelangt, dass die Chemie, um ihre Aufgabe vollständig lösen zu können, sich nicht bloss auf qualitative und quantitative Ermittlung des materiellen Inhaltes der Körper beschränken darf, sondern noch Untersuchungsmethoden anderer Art einschlagen muss. Da man indess über den Charakter letzterer noch wenig im Klaren ist, derselbe aber nothwendig von der Natur des zu behandelnden Gegenstandes, also von dem Wesen der Körper abhängig sein muss, so erweist sich die Beschäftigung mit der inneren Beschaffenheit der Körper als

VI

ein dringendes Bedürfniss der Wissenschaft, das sich in unsern Tagen nicht mehr unbefriedigt zurückweisen lassen will. — Dieser Ueberzeugung verdankt gegenwärtige Schrift ihr Entstehen.

Göttingen, den 30. Juli 1863.

Der Verfasser.

Inhalt.

	Seite
Einleitung	1
Ueber die Existenz der Materie	14
Raumerfüllung innerhalb der Körper, im Allgemeinen	26
Untersuchung über das Verhältniss des erfüllten und leeren Raumes in den Körpern	42
Scheinbarer Widerspruch zwischen empirischer Anschauung und unterbrochener Raumerfüllung der Körper. —	
Durchsichtigkeit und Undurchsichtigkeit	72
Materie und Körper. Allgemeine Eigenschaften derselben	100
Wird das Wesen der Körper schon durch ihren materiellen Inhalt allein bedingt?	107
Wodurch wird das Wesen der Körper bedingt?	132
Ueber Mikromechanik	162

Inhalt.

Einleitung	1
Über die Bedeutung der Materie	11
Körperlichkeit innerhalb der Körper im Allgemeinen	25
Unterschiede über das Verhältnis des Erhellten und Leeren	43
Verhältnis zu den Körpern	43
Schönheit: Verhältnis zwischen empirischer Anschauung und	
mathematischer Raumtheorie der Körper	
Durchsichtigkeit und Undurchsichtigkeit	73
Materie und Körper: Allgemeine Eigenschaften derselben	101
Wird das Wesen der Körper schon durch diese ausgedrückt?	
Teil: etwas bedingt?	107
Wodurch wird das Wesen der Körper bedingt?	129
Über Unvollständigkeit	169

Einleitung.

Sämmtliche Naturerscheinungen stehen in irgend welcher Beziehung zu Körpern, sei es nun, dass sie von denselben ausgehen oder an denselben stattfinden. So verschieden daher die naturwissenschaftlichen Disciplinen unter einander auch sein mögen, so stimmen sie doch alle darin mit einander überein, dass sie Naturerscheinungen, folglich auch Körper zum Gegenstande ihrer Betrachtungen haben, und unterscheiden sich von einander theils nur durch die Wahl von Körpern, die sie ihren Betrachtungen unterwerfen, theils durch die Zwecke, welche sie hiebei verfolgen, theils durch Beides zugleich. Es wäre nun für die gesammte Naturwissenschaft von hohem Interesse und grosser Wichtigkeit, über den Begriff und das Wesen der Körper im Klaren zu sein. Leider ist dieses bis jetzt noch immer zu wenig der Fall. Denn so leicht es in der Regel auch ist, in speciellen Fällen zu entscheiden, ob dieses oder jenes ein Körper ist oder nicht, so wenig ist man doch noch über das Wesen der Körper unterrichtet und so schwer ist es, auch nur anzugeben, was man unter Körper zu verstehen habe. Wie weit die naturwissenschaftliche Erkenntniss in dieser Beziehung hinter ihrem Ziele bis jetzt noch zurückstehe, lässt schon der Umstand ermessen, dass man nicht bloss über die Existenz der Atome, sondern selbst noch über die der Materie streitet und, namentlich in physikalischen Werken, die Begriffe Materie und Körper nicht immer scharf von einander unterscheidet, dieselben vielmehr nicht selten identificirt *).

*) So beginnt z. B. ein übrigens recht gutes, noch neues physika-

Dass eine solche Unsicherheit unseres Wissens über Prinzipien der Natur, dass eine so mangelhafte Erkenntniss des Wesens der Körper den Fortschritten der Naturwissenschaft nicht förderlich sein kann, ihnen vielmehr hemmend entgegengetreten muss, ist ganz selbstverständlich. Denn die Ansicht, welche ein Naturforscher über das Wesen der Körper hegt, muss auf die Wahl seiner Forschungen, auf den Gang und die Methoden seiner Untersuchungen und auf die Benutzung der dabei gemachten Beobachtungen zu Schlussfolgerungen einen bestimmenden Einfluss üben. Eine richtige Ansicht über das Wesen der Körper wird ihn hiebei natürlich besser leiten müssen als eine gegenheilige. So lehrt die Geschichte der Naturwissenschaft, namentlich die Geschichte der Chemie, dass tüchtige und ausgezeichnete Männer in Folge unrichtiger Ansichten über das Wesen der Körper ihre Kräfte, Zeit und Geld einer Unzahl Untersuchungen widmeten, die in Rücksicht des Zweckes oder wegen der angewandten Mittel nicht zu dem gewünschten Ziele führen konnten, ja die demjenigen, der mit der Geschichte der Wissenschaft unbekannt ist, zum Theil als thöricht und selbst als lächerlich erscheinen möchten. So war z. B. das Suchen nach dem Stein der Weisen Folge einer, wenn nicht ganz irrigen, so doch sehr mangelhaften Ansicht vom Wesen der Körper. Dagegen zeigt die Geschichte der Chemie auch wieder, dass jede Gewinnung und allgemeinere Verbreitung einer erweiterten oder besseren Erkenntniss vom Wesen der Körper der Wissenschaft einen neuen Aufschwung und ihren Untersuchungen ganz neue Richtungen verlieh. Als z. B. seit Ende des vorigen, besonders aber seit Anfang dieses Jahrhunderts die Ueberzeugung bei den Chemikern Eingang fand, dass das Wesen der zusammengesetzten Körper nicht bloss abhängig sei von der Art ihrer Bestandtheile, sondern auch von den Gewichtsverhält-

liche Werk mit den Worten: „Alles was einen Raum einnimmt und ihn erfüllt, heisst Materie (Stoff, Substanz). Begrenzte Materie nennt man Körper.“ In einem andern liest man: „Körper oder Materie heisst Alles, was wir durch unsere Sinne wahrnehmen.“

nissen, nach welchen diese mit einander zu einem Ganzen verbunden sind, da gesellten sich zu den qualitativen chemischen Untersuchungen die quantitativen und verliehen der Chemie einen Charakter, der sich von dem früheren wesentlich unterschied, und einen Aufschwung, wie ihn der frühere Entwicklungsgang dieser Wissenschaft kaum hatte ahnen lassen.

Als je bedeutender und grossartiger die Leistungen der Chemie in ihren qualitativen und quantitativen Untersuchungen, die der Krystallographie in ihrer mathematischen Erfassung der Krystallformen, die der Physik in der Ausbildung der Lehre vom Lichte u. s. w. dastehen und anerkannt werden müssen, desto fühlbarer wird das Lückenhafte unserer Erkenntniss von dem innern Bau und dem Wesen der Körper, nicht bloss weil der rasche Fortschritt der Naturwissenschaften auf der einen Seite mit dem langsamen Vorücken derselben auf der andern in keinem Verhältnisse zu stehen scheint, sondern vorzüglich deshalb, weil eine Menge Erscheinungen und Thatsachen in der Neuzeit bekannt geworden sind und andere, längst bekannte, sich immer wieder von neuem in unser Bewusstsein drängen, deren Erklärung eine genauere Kenntniss von dem innern Bau und überhaupt von dem Wesen der Körper mehr oder weniger erheischt und ohne Hülfe einer solchen entweder gar nicht oder doch nur ungenügend gegeben werden kann. Will man z. B. erklären, weshalb die Körper bei Temperaturveränderung ihr Volumen ändern, resp. bei Temperaturerhöhung dasselbe vergrössern und bei Temperaturerniedrigung dasselbe vermindern; oder weshalb einige Körper durchsichtig, andere undurchsichtig sind, d. h. weshalb einige Körper den Lichtstrahlen den Durchgang durch sich gestatten, andere dagegen nicht; will man erklären, weshalb die Verbindung der Körper unter einander nach stöchiometrischen Verhältnissen erfolgt, und weshalb eine und dieselbe chemische Verbindung (z. B. kohlensaurer Kalk) mit verschiedenen morphologischen und physischen Eigenschaften auftreten, also verschiedene Körper bilden kann; will man die Ursache der Krystallbildung und der wunderbaren Gesetzmässigkeit

in den Cohärenzverhältnissen innerhalb der Krystalle erforschen; will man diese und noch manche andere Erscheinungen erklären: so wird man immer wieder auf das Innere, auf das Wesen der Körper hingewiesen und, weil dasselbe noch all zu wenig erkannt ist, zu einer, wenn nicht vorgängigen, so doch gleichzeitigen Erforschung desselben aufgefordert.

Die Lösung einer ziemlich grossen Anzahl, sowohl für die Wissenschaft als für die Praxis, wichtiger Probleme steht dem zufolge mit dem Studium des Innern der Körper im innigsten Zusammenhange. Da nun bei dem gegenwärtigen Standpunkte der Naturwissenschaft diese Probleme sich immer entschiedener in den Vordergrund drängen und ihren Anspruch auf Beantwortung, von der ein neuer Aufschwung der Wissenschaft und eine neue Richtung ihrer Untersuchungen die Folge sein müsste, immer nachdrucksvoller und gebieterischer erheben, so wird die Beschäftigung mit dem innern Bau der Körper und die Erforschung des Wesens derselben zu ein emdringenden Bedürfnisse der Wissenschaft, das sich nicht mehr unbefriedigt zurückweisen lassen will.

Dass die Naturwissenschaft, namentlich die Chemie einst die Frage nach dem Wesen der Körper oder nach der Ursache der Eigenschaften derselben ganz besonders ins Auge fassen und ihre Lösung durch ein genaues Studium des Innern der Körper versuchen würde, ist eine Idee, die aus der Kenntniss des Gravitationsgesetzes und aus der Bekanntschaft mit den durch die chemische Attraction bewirkten Erscheinungen hervorging, die deshalb auch nicht bloss der neuesten Zeit angehört, sondern schon früher zu wiederholten Malen von denkenden Männern mehr oder minder klar ausgesprochen worden ist *).

*) Newton's glänzende Erfolge in Erforschung der Gesetze, welche die Anziehung der Körper im Himmelsraume beherrschen, erweckten sehr bald den Gedanken an eine Erforschung derjenigen Gesetze, nach welchen die gegenseitige Anziehung der materiellen Theilchen innerhalb der Körper erfolgt, sowie die Hoffnung auf ein endliches Gelingen fortgesetzter Bestrebungen. Sehr schön ist dieser Gedankengang ausgeprägt in

Wie aber kommt es, dass wir trotzdem in Erforschung des Wesens der Körper noch immer soweit hinter dem Ziele

Joh. Dav. Hahn's Praelectio academica de mathesi et chemia, earumque mutuo auxilio (1768), wo es p. 59 und 60 heisst:

„Quid quaeso celebrem fecit Newtoni disciplinam? Scilicet leges universalis attractionis subtiliter persecutus plurima Naturae phaenomena, quorum nexum mortales non perspiciebant, mathematice exposuit; eaque ratione mundi generalem ordinem coelestiumque corporum terrestribus consentientem harmoniam admirabili sagacitate interpretatus est.“

„Quid impedit, quo minus idem in exiguis materiae particulis tentemus? Quarum motus cum perinde atque majorum corporum volutationes, secundum certas et constantes leges fieri soleant, ego quidem persuasissimum habeo, diuturna et diligenti observatione posse tandem etiam Chemiae principia mathematica ab altero aliquo Newtono condi.“

„Enimvero fateor, ob exilitatem corpusculorum nonnulla nobis deesse, quae Mathematicus cognita postulat, veluti figuras, intervalla, velocitates. Sed haec et similia quanquam sensuum nostrorum aciem eludant, cohaerent tamen cum aliis, quae cognosci et mensurari possunt, ex quibus deinde illa ipsa, quae nos fugiunt, ratiocinatione mathematica colligi posse videntur.“

Bemerkenswerth ist hier noch folgende Aeusserung Napoleon's I., welcher der Behauptung Lagrange's, Niemand werde Newton's Ruhm erreichen, weil nur eine Welt zu entdecken gewesen sei, gegen Monge widersprach, indem er sagte: „Die Monde de détails, wer hat je daran gedacht? Ich? Sie? Monge! Wer hat noch auf den Charakter von Intensität und Attraction auf sehr kurzer Entfernung der kleinsten Atome geachtet, wovon wir auf irgend eine Weise die gezwungenen Beobachter sind? Ich? Sie? Monge! Ist das Geheimniss gefunden? Haben Sie oder Ihr Newton es gefunden? Newton hat das Problem der Bewegung im Allgemeinen durch die Entdeckung des Planetensystems gelöst. Aber wenn es mir gelungen wäre, die Menschen zu lehren, wie die Bewegung geschieht, die sich mittheilt und bestimmt wird durch die Dazwischenkunft der kleinsten Körper, so hätte ich das Problem des Lebens des Universums gelöst, und wenn das geschehen wäre, was ich für möglich halte, so hätte ich Newton gerade so weit übertroffen, als Materie und Intelligenz von einander entfernt sind. Mithin ist nichts Richtiges in dem Worte von Lagrange: Niemand wird Newton's Ruhm erreichen“ etc. S. Hartenstein: Die Probleme und Grundlehren d. allgem. Metaphysik. Vorwort XXVIII.

Sowohl Hahn als Napoleon irren hier jedenfalls, wenn sie meinen, die Lösung des in Rede stehenden Problemes werde dem Geiste eines ein-

zurückstehen? Der Grund hiervon liegt hauptsächlich in der grossen Schwierigkeit, mit welcher die Lösung des Problemes verknüpft ist, sowie in dem Umstande, dass dasselbe seither nicht in seiner Totalität aufgefasst wurde und nur in einzelnen, abgerissenen Theilen mehr beiläufig in der Chemie und Physik eine Berücksichtigung, resp. Bearbeitung fand. — Viele Naturforscher wurden nämlich durch die entgegretenden Schwierigkeiten von einem tiefer in das Wesen der Körper eingehenden Studium abgehalten, andere durch den geringen Erfolg ihrer Bemühungen bewogen, von der Fortsetzung ihrer Arbeiten wieder abzustehen. Und in der That wer bei diesen Untersuchungen zu sicheren und positiven Resultaten gelangen, sich in dem Labyrinth von Schlussfolgerungen nicht verirren, sondern zurecht finden will, muss hartnäckige Ausdauer besitzen und stets mit der grössten Umsicht zu Werke gehen. — Ein weiterer Grund des langsamen Fortschrittes in diesem Theile naturwissenschaftlicher Forschung lag, wie oben erwähnt, in der bloss theilweisen und unvollständigen Erfassung des Problemes, die von einer entsprechenden Bearbeitung begleitet ward. Denn die in Untersuchung gezogenen Theile desselben wurden mehr in ihrer Abgerissenheit und Isolirtheit als in ihrer Zusammengehörigkeit betrachtet. Die Folge hiervon war, dass aus den verschiedenen Versuchsreihen Schlussfolgerungen gezogen wurden, die mit einander keineswegs übereinstimmten, sondern einander mehr oder weniger widersprachen. So führte z. B. in Bezug auf die relativen Atomgewichte die Aequivalententheorie zu einem andern Resultate als die Volumentheorie, und mit keinem derselben stimmen diejenigen Resultate genau zusammen, die man einerseits aus der specifischen Wärme, andererseits aus dem Isomorphismus der Körper abgeleitet hat.

Da nun ferner das Studium über das Wesen der Körper zu ausgedehnt ist und einen zu grossen Aufwand von

zigen Mannes gelingen. Denn zur Ueberwindung der sich entgegenstellenden Schwierigkeiten genügt nicht die Kraft eines einzigen Forschers, auch nicht die eines Newton's.

Kraft und Zeit erfordert, als dass es durch eine ihm bloss beiläufig in anderen naturwissenschaftlichen Disciplinen zu Theil werdende Berücksichtigung und Bearbeitung zu einer sicheren Entwicklung und einem raschen Aufschwunge gebracht werden könnte, so möchte es, nach meinem Dafürhalten, zweckmässig und rathsam sein, dasselbe als ein selbstständiges auftreten zu lassen und zu einem eigenen naturwissenschaftlichen Zweige zu erheben. Hieraus würde der nicht unwichtige Vortheil entspringen, dass sämtliche hieher gehörigen Untersuchungen als Glieder eines Ganzen sich vereinigten, ihr gemeinsames Ziel fester im Auge behielten und es sicherer und schneller erreichten.

Dieser Theil der Naturforschung, als ein selbstständiger aufgefasst, würde nun als „Lehre vom Wesen der Körper“ kurz und passend mit dem bereits in die Wissenschaft eingeführten Namen „Somatologie“ (von *σῶμα*, Körper und *λόγος*, Lehre) bezeichnet werden können. In welchem Verhältnisse diese Lehre zu den übrigen, ihr nah verwandten naturwissenschaftlichen Disciplinen, namentlich zur Chemie stehe, werden wir später erörtern.

Zunächst müssen wir die Aufgabe der Somatologie feststellen und näher beleuchten. Dieselbe lässt sich kurz so fassen, dass man sagt, sie bestehe in der Erkenntniss oder Ergründung des Wesens der Körper. Es ist nothwendig, die in dieser Definition enthaltenen Ausdrücke weiter zu verfolgen.

Unter Körper verstehen wir hier nicht, wie in der Physik, jeden physischen, sondern nur jeden homogenen (gleichartigen) Körper, der mit den ihm ursprünglich zukommenden Eigenschaften erscheint und dessen Zusammensetzung, falls er nicht zu den elementaren Körpern gehört, den Gesetzen der Stöchiometrie entspricht. Es macht übrigens keinen Unterschied, ob derselbe unter Mitwirkung von Organismen oder ohne solche entstanden ist, ob ihn die Natur ohne alle und jede menschliche Beihülfe bildete, oder ob vielleicht der Chemiker die zu seiner Entstehung erforderlichen Bedingungen erst herbeiführte, ob derselbe zu den festen, tropfbarflüssigen oder gasförmigen Körpern gehört.

Von der Somatologie bleiben dagegen ausgeschlossen alle blossen Gemenge, da ihre Zusammensetzung als Resultat des Zufalls nicht nach stöchiometrischen Gesetzen erfolgt ist und ihnen das Merkmal der Homogenität abgeht. So kann z. B. Granit als solcher nicht Gegenstand dieser Wissenschaft sein, wohl aber dessen Bestandtheile: Quarz, Feldspath und Glimmer, jedoch als drei besondere Körper.

Was nun den Begriff „Wesen“ betrifft, so gehört derselbe bekanntlich zu den aller abstractesten Begriffen, und es bedarf derselbe, damit ihm im vorliegenden Falle der gehörige Inhalt beigelegt und die Aufgabe der Somatologie bestimmter und concreter gefasst werden könne, hier noch einer weiteren Erörterung. Unter Wesen eines Körpers können wir natürlich nichts Anderes verstehen als das, was ihn zu dem macht, was er ist. Dieses in den Körpern wirkende, sie erzeugende und bildende Etwas ist nun aber nicht so unmittelbar, nicht so an und für sich erkennbar, findet jedoch einen erkennbaren Ausdruck in der Erscheinungsweise der Körper, d. h. giebt sich kund in den Eigenschaften derselben. Das Wesen der Körper verhält sich also zu den Eigenschaften derselben wie die Ursache zu ihren Wirkungen. Wenn also unter Wesen eines Körpers nicht selten der Inbegriff sämtlicher Eigenschaften desselben verstanden wird, so wird eben das Bedingte für das Bedingende oder die Wirkung für die Ursache gesetzt. Da man nun aber unbedenklich annehmen darf, dass das Wesen eines Körpers in der Gesamtheit seiner Eigenschaften ausgeprägt und als darin gegeben zu betrachten ist, so muss die Aufgabe der Somatologie darin gefunden werden, die Ursachen der Eigenschaften der Körper aufzusuchen und umgekehrt aus den Ursachen jene Eigenschaften abzuleiten, also überhaupt die Beziehungen zwischen den Eigenschaften der Körper und ihren Ursachen zu erforschen und nachzuweisen.

Da nun ferner die Erfahrung lehrt, dass mit einer Veränderung der chemischen Eigenschaften der Körper eine Aenderung ihrer physikalischen und meistens auch morphologischen, sowie mit einer Aenderung ihrer morphologischen stets eine Aenderung ihrer physikalischen Eigenschaften ein-

tritt, so folgt, dass bei den Eigenschaften der Körper kein blosses Nebeneinandersein oder lockeres Zusammensein stattfindet, sondern dass dieselben als das Resultat zusammenwirkender Ursachen auf das innigste mit einander zu einem Ganzen verknüpft sind. Unsere Wissenschaft hat also auch die Aufgabe, diesen Zusammenhang der Eigenschaften der Körper und ihr gegenseitiges Verhältniss zu einander aufzusuchen und nachzuweisen.

Um die so festgestellte Aufgabe unserer Wissenschaft noch schärfer und präziser zu fassen, wollen wir die Frage nach der Zulässigkeit der Mathematik bei somatologischen Forschungen und damit zugleich die Art und Weise, in welcher die Lösung jener Aufgabe zu erfolgen habe, in etwas genauere Erwägung ziehen. — Unter den naturwissenschaftlichen Disciplinen machen nämlich einige, wie z. B. die Astronomie, Physik, Krystallographie, einen sehr umfangreichen und tiefgehenden Gebrauch von der Mathematik sowohl bei ihren Untersuchungen als bei ihrer Darstellung und zeichnen sich in Folge dessen durch eine Sicherheit und Bestimmtheit ihrer Erkenntniss, so wie durch Präcision in ihrer Darstellung sehr vortheilhaft aus; bei andern hingegen, namentlich bei solchen, die sich mehr oder weniger mit organischen Gebilden und den Funktionen des Lebens befassen, hat eine Anwendung der Mathematik noch wenig oder auch so gut wie gar nicht gelingen wollen. Dieselben können aber auch, was Sicherheit der Erkenntniss u. s. w. betrifft, mit jenen ersteren durchaus keinen Vergleich aushalten. Es ist daher die Frage, ob und inwieweit die Mathematik in der Somatologie Anwendung finden kann, von grosser Bedeutung; denn von der Zulässigkeit und Anwendung derselben muss der Charakter unserer Wissenschaft, so wie der Grad der Bestimmtheit und Zuverlässigkeit ihrer Sätze mehr oder weniger abhängig sein.

Nicht alle Erscheinungen nämlich sind einer Vorausbestimmung durch Rechnung fähig. Denn solche, die unter näherer oder entfernterer Einwirkung des Willens stehen, wie z. B. die Handlungen der Menschen, die Funktionen des Lebens u. s. w. lassen keinen exacten, sondern nur

höchstens einen Wahrscheinlichkeitscalcül zu; auf andere Erscheinungen dagegen, die dem Gesetze der Nothwendigkeit unterworfen sind und also nach constanten, unabänderlichen Gesetzen erfolgen, ist, sowohl was ihren Eintritt als ihren ganzen Verlauf betrifft, eine Anwendung des Calcüls zulässig.

Zu welcher dieser beiden Arten von Erscheinungen nun die Eigenschaften der Körper gehören, kann keinen Augenblick zweifelhaft sein; denn dieselben gründen sich auf Ursachen, die nicht nach Willkür wirken, sondern so wie das Gesetz der Nothwendigkeit gebet. Die Somatologie hat demnach, um ihre Aufgabe vollständig zu lösen, den Zusammenhang zwischen den Eigenschaften der Körper und ihren Ursachen in mathematischer Weise zu erfassen und zur Darstellung zu bringen. Um dieses Ziel erreichen zu können, muss sie die in den Körpern und auf dieselben wirkenden Ursachen sowohl ihrer Grösse als ihrer Wirkungsweise nach ermitteln; denn dann erst wird sie im Stande sein, mathematische Ausdrücke für die Relationen zwischen den Eigenschaften der Körper und ihren Ursachen zu gewinnen und Formeln aufzustellen, welche das ganze Wesen der Körper repräsentiren und aus denen die Eigenschaften derselben hergeleitet werden können, wie etwa aus der Gleichung einer Curve die Eigenschaften der letzteren. Und dieses ist es, was ich als das eigentliche, höchste und letzte Ziel unserer Wissenschaft hinstellen möchte.

Aber, wird man hiegegen einwenden, ist dieses Ziel nicht viel zu hoch, als dass es je erreicht werden könnte? Nun, wenn es auch für uns noch unerreichbar bleiben sollte, so wird es doch für künftige Forscher erreichbar sein, und zwar um so eher und leichter, je früher und besser ihnen der Weg zu demselben vorbereitet werden wird. Nur dann, wenn die Eigenschaften der Körper als das Werk des Zufalls und der Willkür keinen streng mathematischen Gesetzen unterworfen wären oder sich eben so wie die innerhalb der Körper wirkenden Ursachen unserer unmittelbaren Wahrnehmung entzögen, müsste jeder Versuch, die Auf-

gabe in der angegebenen Weise zu lösen, in der That scheitern. Allein da keine der beiden gemachten Voraussetzungen stattfindet, so ist von den Eigenschaften der Körper als dem Bekannten oder doch unmittelbar Erkennbaren ein Schluss auf die Ursachen derselben oder das Wesen der Körper möglich. Die Lösung des Problemes gehört also keineswegs in den Bereich der Unmöglichkeiten, sondern ist nur verknüpft mit Schwierigkeiten. Ob die Lösung gelingen wird, kann nur davon abhängig sein, ob die Untersuchung den rechten Weg einschlägt und die passenden Mittel anwendet, um die entgegnetretenden Schwierigkeiten zu beseitigen oder zu überwinden. Im Allgemeinen ist der einzuschlagende Weg schon angegeben. Er führt nämlich vom Studium der Eigenschaften der Körper durch Schlussfolgerungen zu ihren Ursachen. Der Gang der Untersuchungen muss deshalb so gewählt werden, dass es möglich wird, zweckentsprechende Fragen nach dem Wesen der Körper so zu stellen, dass die durch das Studium der Eigenschaften gewonnenen Resultate bestimmte Antworten darauf geben können. Noch etwas näher wird der Weg durch Folgendes angedeutet. Da man nämlich nach den bisherigen Erfahrungen der Naturwissenschaft als vollgültige Wahrheit den Satz annehmen darf, dass die Natur die grosse Mannigfaltigkeit von Körpern und das anscheinend regellose Gewirr von Eigenschaften derselben durch sehr einfache Mittel nach einfachen Gesetzen erzielt, so ist man zu der sicheren Erwartung berechtigt, dass in den Eigenschaften der Körper gewisse Gesetzmässigkeiten ausgeprägt sind, so dass sich z. B. die Körper nach gewissen Eigenschaften in Gruppen oder Reihen, die nach mathematisch bestimmbarcn Gesetzen fortschreiten, zusammenstellen und anordnen lassen. Durch ein fortgesetztes, vergleichendes Studium der gleichartigen Eigenschaften wird man dahin gelangen, bereits entdeckte Gesetzmässigkeiten als solche zu erkennen und nicht bloss als Zufälligkeiten zu betrachten, so wie selbst weitere Gesetzmässigkeiten zu entdecken. Sind diese einmal hinreichend genau constatirt, so kann und wird es nicht ausbleiben, dass eine weitere Vergleichung derselben unter einan-

der zur Auffindung des ursächlichen Zusammenhanges der Eigenschaften, sowie zur Entdeckung der im Innern der Körper verborgenen Agentien und der Gesetze ihres Wirkens hinführt.

Ein bestimmter Gang indess, welchen die Untersuchungen im Speciellen zu verfolgen hätten, lässt sich natürlich nicht vorschreiben; denn derselbe wird und muss abhängig sein von dem jedesmaligen Zustande der Hülfswissenschaften, von der Individualität der einzelnen Forscher u. s. w. Man könnte daher höchstens den Gang angeben, welchen man selbst einzuschlagen gedenkt, keineswegs aber den, welcher eingeschlagen werden müsste.

Wir unsererseits werden, um vorerst einen festen Boden für die weiteren Untersuchungen zu gewinnen, zunächst die Frage, ob die Körper eine materielle Unterlage besitzen oder nicht, einer Erörterung unterziehen und uns sodann eine Vorstellung von dem Innern der Körper im Allgemeinen zu verschaffen suchen. Der weitere Gang der Untersuchungen hängt von der Lösung dieser Probleme ab und wird gehörigen Orts eine Besprechung finden.

Dass ich in vorliegender Arbeit nicht die Absicht verfolgen werde, noch verfolgen kann, mit der Lösung der Aufgabe der Somatologie zum Ziele zu gelangen, ist wohl selbstverständlich und bereits oben (S. 6. Anm.) angedeutet worden; wohl aber möchte ich durch dieselbe darthun und zeigen, dass und wie man dem Ziele immer näher kommen kann, und die Ueberzeugung erwecken, dass die Lösung des Problemes durch fortgesetzte Forschungen endlich in der That gelingen werde.

Es bleibt uns hier noch übrig, mit kurzen Worten das Verhältniss anzugeben, in dem die Somatologie zur Chemie, der ihr am nächsten verwandten Wissenschaft steht.

Die Somatologie als die Lehre von dem Wesen der Körper untersucht diese letzteren als etwas Fertiges, Gegebenes und Fortbestehendes, die Chemie dagegen als etwas Werdendes oder als etwas Vergehendes; jene fragt nach den Ursachen, welchen ein Körper den Inbegriff seiner Eigenschaften verdankt, diese dagegen nach den Ur-

sachen und Gesetzen der Umwandlung der Körper in einander; beide Wissenschaften verhalten sich demnach, wie wir später in dem Kapitel über Mikromechanik genauer entwickeln werden, zu einander wie Statik zu Dynamik und bilden wie diese ein, nicht bloss durch Zusammenhang, sondern durch Ineinandergreifen, innig verbundenes Ganze.

Wie nun die Gesetze der Statik erst durch die Gesetze der Dynamik, das Sein erst durch das Werden richtig erfasst und begriffen wird, ebenso wird man, um die Ursachen und den Zusammenhang der Eigenschaften der Körper und die Bedingungen des Fortbestehens der letzteren kennen zu lernen, vorzugsweise auf die chemischen Erscheinungen zurückzugehen und dieselben ins Auge zu fassen haben; d. h. bei Errichtung des Lehrgebäudes der Somatologie wird die Chemie als die vorzüglichste Hülfswissenschaft zu betrachten sein.

Das Verhältniss der übrigen naturwissenschaftlichen Zweige zur Somatologie bedarf hiernach keiner weiteren Erörterung; und es sei hier nur noch bemerkt, dass letztere Wissenschaft eine genaue Bekanntschaft mit den Lehren der Krystallographie und Physik als ganz unentbehrlich voraussetzen muss.

Versuchen wir denn nun, in Folgendem eine Grundlage für die Somatologie zu gewinnen!

Ueber die Existenz der Materie.

Die Frage: Giebt es Materie, oder giebt es keine? hat man sowohl bejahend als verneinend beantwortet. Die meisten Naturforscher sind für eine Beantwortung im ersteren Sinne, während ein grosser Theil der Philosophen die Existenz der Materie leugnet, und zwar deshalb, weil der Begriff Materie mit unserm Denken im Widerspruche stehe.

Wir wollen nun zunächst den Begriff Materie feststellen und sodann untersuchen, ob die gegen ihn gemachten Ausstellungen in der That gegründet sind oder nicht. Hiemit wird aber die Frage nach der Existenz der Materie keineswegs entschieden sein, dieselbe vielmehr dann noch einer weiteren Erörterung bedürfen.

Der Begriff Materie ist ein sehr einfacher; denn wir verstehen unter Materie das was einen Raum nicht bloss einnimmt, sondern ihn auch erfüllt, also mit einem Worte: Raumerfüllendes. Dieselbe setzt mithin die Existenz des Raumes voraus und hat mit diesem Continuität oder Stetigkeit im strengsten Sinne des Wortes gemein. Die Vorstellung Materie haben wir durch unmittelbare Wahrnehmung der Körper mittelst unserer Sinne gewonnen; denn dieselben stellen sich bei gewöhnlicher Beobachtung unserm Gesichts- und Tastsinn in der Regel als Continua, als den von ihnen eingenommenen Raum ohne Unterbrechung erfüllende Massen dar. Der hieraus hervorgegangene Begriff Materie wurzelt also in der Erfahrung. Ob indess zwischen Körper und Materie ein Unterschied (z. B. in der Erfüllungsweise) stattfindet, und welcher? lassen wir einstweilen dahingestellt sein.

Man behauptet nun, wenn wirklich Materie existire, so müsse sich für dieselbe auch ein absolutes Maass angeben lassen; allein der Versuch ein solches aufzufinden, lasse dieselbe in ihr Nichts verschwinden und führe also zu dem Ergebnisse, dass der oben aufgestellte Begriff Materie in sich unhaltbar sei, da er unsern Denkgesetzen widerstreite; folglich, schliesst man, könne keine Materie existiren.

Wie nun aber daraus, dass sich für die Materie kein absolutes Maass angeben lässt, oder kein solches existirt, die Nichtexistenz der Materie folge, ist nicht Jedermanns Sache zu begreifen. Denn bekanntlich ist Maass eine willkürlich angenommene Grösse, womit eine ihr gleichartige gemessen wird; es ist dasselbe also nichts Absolutes, sondern nur etwas Relatives. Will man daher nur überhaupt ein Maass für die Materie haben, so muss man belieben, ein solches festzustellen und anzunehmen.

Doch man verlangt ja, wie gesagt, für die Materie nicht bloss überhaupt ein Maass, sondern ein absolutes Maass. Was soll letzteres nun aber heissen? Diese Frage vermögen nur diejenigen zu beantworten, deren Geist im Stande ist, die Idee von unräumlichen Realen zu fassen, die man sich nach Vorschrift der betreffenden Philosophen „als Kugeln und zwar als Kugeln ausgedehnt nach drei Dimensionen“ vorstellen soll. Das absolute Maass der Materie soll nämlich keine Ausdehnung besitzen, soll unräumlich und keine Materie mehr sein. Nichts desto weniger glaubt man dasselbe, wenn es überhaupt existire, in der Materie suchen und durch fortgesetzte Theilung eines endlichen Quantum derselben gewinnen zu müssen. Man versteht unter diesem absoluten Maass nicht etwa kleinste Theilchen der Materie; denn als bloss relativ klein können sie nach der Ansicht jener Philosophen kein absolutes Maass repräsentiren. Denn, sagen sie, so klein man sich dieselben auch denken mag, so sind sie immer noch ausgedehnt, bestehen folglich aus noch kleinern Theilchen, die selbst wieder Materie sind. Genau dasselbe gilt von diesen kleinern Theilchen u. s. w. *in infinitum*. Ein absolutes Maass für die Materie kann also nur durch absolut kleine Theilchen repräsentirt werden.

Um diese nun zu erhalten, müsste man also ein endliches Quantum Materie nicht bloss in eine endliche Anzahl, sondern in unendlich viele Theilchen zerlegen. Würde man diese unendliche Theilung fertig, d. h. zu Ende geführt denken, so gelangte man wenigstens in der Idee zu den absolut kleinen Theilchen, welche das absolute Mass der Materie repräsentirten. Da diese aber selbst keine Ausdehnung besitzen und also auch keine Materie mehr sind, so löst sich, sagt man, die Materie in ihr Nichts auf.

Obgleich nun diese absolut kleinen Theilchen, fährt man fort, aus der Materie durch Theilung hervorgegangen sind, so kann man aus ihnen dieselbe doch nicht wieder entstehen lassen. Denn um wirkliche Materie, d. h. ein endliches Stück derselben zu denken, müssten wir unendlich viele solcher Theilchen in Gedanken zusammenfassen; weil wir hiemit aber nie fertig werden können, da die Unendlichkeit sich nicht erschöpfen lässt, so wird auch unsere Vorstellung von Materie nie fertig, sondern ist stets nur im Werden begriffen. Da also hiernach unsere Vorstellung von Materie mit unserm Denken im Widerspruche steht, so folgt die Nichtexistenz der Materie.

In der That diese Philosophen besitzen sehr viel Selbstvertrauen zu der Unfehlbarkeit ihres Denkens, wenn sie auf ein so leichtfertiges Raisonement gestützt es wagen, die in der Erfahrung wurzelnde und allen Menschen gemeinsame Vorstellung von Materie als eine in sich nichtige hinzustellen, mit der Erfahrung kühnen Muthes zu brechen und unter dem Scheine der Wissenschaftlichkeit und der philosophischen Gründlichkeit die Existenz der Materie mir nichts, dir nichts wegdisputiren zu wollen. Behauptungen dieser Art, welche, wenn sie glauben fänden, uns um alles und jedes Vertrauen zu der so wichtigen Erkenntnisquelle, wie die sinnliche Wahrnehmung ist, bringen müssten, sollten erst allseitiger beleuchtet und betrachtet, sicherer erwogen werden, ehe man es wagte, sie als philosophische Wahrheit zur Belehrung der Menschen hinaus in die Welt zu schicken oder sie auch nur nachzusprechen; denn sie können nur dienen, den gesunden Sinn zu verwirren.

Fassen wir jene philosophische Beweisführung etwas näher und schärfer ins Auge! Gesetzt auch, gegen jene Schlussfolgerungen wider den Begriff Materie wären wir nicht im Stande etwas einzuwenden, so folgte daraus nur, dass wir Materie nicht begrifflich erfassen könnten, keineswegs aber, dass keine Materie existirte; denn es könnte der Grund des Nichtbegreifenkönnens eben so gut in der Einfachheit des Begriffes oder richtiger der Vorstellung als in der Nichtexistenz der Materie zu suchen sein. Indess jene Schlussfolgerungen sind nicht einmal richtig, — ein Grund mehr, weshalb man sich mit dem daraus gezogenen Resultate nicht einverstanden erklären kann. Eine ins Unendliche fortgesetzte Theilung kann nämlich nie vollendet werden, wie bereits einige der betreffenden Philosophen selbst bemerkt haben. Wenn man sich dieselbe nun aber gleichwohl als fertig, oder, was dasselbe heisst, zu Ende geführt denkt, so denkt man eben etwas sich Widersprechendes, etwas Falsches. Will man nämlich durch fortgesetztes Theilen eines endlichen Quantums Materie von den unendlich kleinen zu absolut kleinen Theilchen, d. h. zum Nichts gelangen, so muss man im Denken einen Sprung machen. Das haben auch einige der Philosophen eingesehen; aber anstatt nun ihr Râsonnement aufzugeben, berufen sie sich, um den logisch unerlaubten Sprung vom unendlich Kleinen zum Nichts zu rechtfertigen, auf das Verfahren des Mathematikers, freilich mit grossem Unrechte. Denn wenn dieser bei Division einer endlichen Grösse (a) durch eine unendliche (∞) den Quotienten $\left(\frac{a}{\infty}\right)$ als für seine (praktischen) Zwecke verschwindend klein in Null übergehen und folglich den Divisor, oder hier die unendliche Grösse gleichsam die Grenze der Unendlichkeit erreichen lässt, so kann er als Mathematiker sich einen solchen Sprung im Denken insofern erlauben, als der logische Fehler, der hiebei begangen wird, auf das Resultat der Rechnung keinen irgendwie erheblichen Einfluss zur Folge hat. Allein in Fällen, wo das unendlich Kleine wegen gewisser Operationen, die mit ihm vorgenommen werden, einen merklichen Einfluss auf

das Resultat der Rechnung hat oder möglicherweise haben könnte, erinnert sich der Mathematiker sofort wieder, dass sein unendlich Kleines im Grunde doch verschieden von dem Nichts oder der Null ist. Er erlaubt sich daher zwar, in dem Additionsexempel $a + \frac{a}{\infty}$ die Grösse $\frac{a}{\infty} = 0$ und folglich $a + \frac{a}{\infty} = a + 0 = a$ zu setzen, als ob $\frac{a}{\infty}$ gar nicht vorhanden wäre, da er sich ja die Grösse $\frac{a}{\infty}$ kleiner als jede noch so klein angenommene Grösse denken kann; allein darum ist ihm $\frac{a}{\infty}$ noch keineswegs gleichbedeutend mit Null.

Schreitet nun aber der Mathematiker beim fortgesetzten Theilen einer endlichen Grösse in der That vom unendlich Grossen zum absolut Grossen, sowie vom unendlich Kleinen zum absolut Kleinen? Keineswegs! Er sagt nur: „Wir wollen thun, als ob wir die Grenze der Unendlichkeit erreichten;“ und wenn er sagt: „Wir wollen zu den Grenzen der Unendlichkeit übergehen,“ so ist das nur ein ungenauer Ausdruck, der aber dasselbe besagen will, wie jener. Der Uebergang zu den Grenzen der Unendlichkeit ist also nur eine Fiction, die man sich beim Rechnen aus gewissen praktischen Rücksichten wohl erlauben kann; zur philosophischen Beweisführung der Nichtexistenz der Materie darf man nun aber doch nicht im Ernste eine solche Fiction anwenden wollen.

Uebrigens liegt das Charakteristische einer unendlichen Grösse nicht in ihrem absoluten Werthe; denn das unendlich Kleine ist eine stets abnehmende, das unendlich Grosse dagegen eine stets zunehmende Grösse; beide sind stets im Werden, d. h. im Wachsen oder Abnehmen begriffene, aber nie fertige Grössen.

Wenn man nun behauptet, unsere Vorstellung von Materie sei nie fertig, sondern stets im Werden begriffen, da man, um diese Vorstellung zu gewinnen, unendlich viele Theilchen zusammenfassen müsse, hiemit aber nie zum Ziele gelangen könne, so ist hierauf zu erwidern, dass wir in unserm Denken gar nicht einmal dahin gelangen, unsere Vorstellung von Materie entstehen zu lassen

oder zum Begriffensein im Werden zu bringen; denn durch fortgesetzte Theilung der Materie kommen wir, wie jene Philosophen selbst zugestehen, in unserem Denken nie zu den absolut kleinsten Theilchen, wir müssten denn einen (unerlaubten) Sprung machen. Wenn man aber die Theilchen im Denken noch nicht fertig hat, wie kann man sie denn im Denken zusammenfassen?

Aus jener Auseinandersetzung folgt nur, dass wir unsere Vorstellung von Materie durch fortgesetztes Theilen nie zum Verschwinden bringen können; denn so weit wir auch das Theilen der Materie in Gedanken fortsetzen mögen, stets bleibt noch Etwas von unserer Vorstellung der Materie; es ist uns in der angegebenen Art durchaus nicht möglich, sie auf eine logisch rechtmässige Weise, sondern nur durch einen logischen Sprung, d. h. durch einen logischen Gewaltstreich los zu werden. Jene philosophische Beweisführung würde, wenn sie überhaupt im Stande wäre, Etwas zu beweisen, nicht sowohl die Nichtexistenz der Materie als vielmehr das gerade Gegentheil, d. h. die Existenz derselben beweisen. Indess sie ist, sowohl was Prämisse als Folgerichtigkeit betrifft, völlig werthlos.

Nicht zufrieden damit, jenen Beweis für die Nichtexistenz der Materie bloss aprioristisch geführt zu haben, wendet man sich noch an die Erfahrung, um die Uebereinstimmung desselben mit dieser darzuthun. In welcher Weise man bei dieser Gelegenheit die Naturerscheinungen zu deuten und Schlussfolgerungen aus ihnen zu ziehen sich erlaubt, dürfen wir nicht unterlassen, hier zu zeigen, um so weniger, weil selbst Naturforscher sich nicht ganz frei von den hiebei begangenen Irrthümern haben halten können. Man geht zwar unbestreitbar vor der Erfahrung aus, wenn man sagt: „Die Erfahrung lehrt, dass die Körper theilbar sind;“ verlässt aber sofort wieder diesen Boden, wenn man behauptet: „Eine Grenze dieser Theilbarkeit lässt sich nicht angeben, begrenzt kann sie nicht sein, weil eine begrenzte oder beschränkte Theilbarkeit unsern mathematischen Begriffen von Grösse und Theilbarkeit widerspricht; folglich ist die „Materie“ bis ins Unendliche theilbar.“

Nun schliesst man ganz ähnlich fort, wie oben: „Durch eine ins Unendliche fortgesetzte Theilung der Materie entstehen unendlich kleine materielle Theilchen; denkt man sich die Theilung vollendet, d. h. zu Ende geführt, so sind die materiellen Theilchen verschwunden oder in ihr Nichts übergegangen, d. h. die Materie hat sich in ihr Nichts aufgelöst. Wollte man durch Zusammenfassen dieser in Nichts übergegangenen Theilchen wieder Materie gewinnen, so wäre dieses ein eitles Beginnen; denn durch Zusammenfassen von Nichtsen erhält man immer weiter nichts als Nichts. Da man also die Materie aus ihren Theilchen begrifflich nicht wieder entstehen lassen kann, so führt der Begriff oder die Vorstellung Materie auf einen Widerspruch, mithin kann keine Materie existiren.“

So sehr auch vorstehendes Râsonnement durch seine anscheinende Gründlichkeit besticht, so sind doch zwei Bedeutungen des Wortes „theilen“ nicht im mindesten von einander unterschieden, sondern fortwährend mit einander verwechselt worden, obgleich bereits Hobbes sehr nachdrücklich auf den grossen Unterschied zwischen mechanischer und mathematischer Theilbarkeit aufmerksam gemacht hat. Er sagt nämlich, das Wort *divisio* habe zweierlei Bedeutung: das eine Mal heisse es so viel als *diremtio*, das andere Mal so viel als *distinctio*, so dass also „theilen“ das eine Mal bedeute: „in von einander gesonderte Stücke zerlegen,“ das andere Mal: „den Ort denken oder angeben, wo die Zerstückelung oder die mechanische Theilung vorzunehmen wäre, wenn sie wirklich vollzogen werden sollte.“

Wie verhalten sich nun Raum und Raumerfüllendes gegen diese beiden Arten von Theilbarkeit? Der Raum als solcher lässt sich zwar im mathematischen Sinne bis ins Unendliche theilen, ist dagegen mechanisch vollkommen untheilbar; denn seine Theile sind unveränderlich und unverrückbar eben gerade da, wo sie sind, und lassen sich nicht verschieben, nicht auseinanderreißen. Anders verhält es sich dagegen mit dem was sich im Raume befindet und einen solchen einnimmt oder erfüllt. Auf dieses sind beide Arten

von Theilbarkeit, wenigstens in der Idee, zulässig. Denn dasselbe ist nicht an einen bestimmten Ort gebunden, verändert vielmehr denselben und ist das im Raume Bewegliche. Man kann sich daher sehr wohl vorstellen, dass auch Theile desselben sich von einander entfernen, so dass alsdann zwischen ihnen entweder leerer Raum oder ein anderes Raumerfüllende oder Raumeinnehmende sich befindet. Ob aber auch in Wirklichkeit die Materie oder das Raumerfüllende mechanisch theilbar ist oder nicht, bedarf erst noch eines besonderen Beweises oder Nachweises.

Nach Vorausschickung dieser Bemerkungen wird es leicht sein, die Beweiskraft jenes obigen Raisonnements zu würdigen. Die Erfahrung lehrt zwar, dass die Körper theilbar sind, d. h. dass sie sich in von einander gesonderte Stücke zerlegen lassen; die Erfahrung lehrt aber nicht, dass die Materie sich mechanisch theilen lässt; auch darf man sich von der erfahrungsmässigen mechanischen Theilbarkeit der Körper durchaus keinen Schluss auf die gleiche Theilbarkeit der Materie erlauben; es müsste denn nachgewiesen sein, dass Körper und Materie identisch wären (was allerdings Manche ohne Weiteres annehmen), oder dass ihre Nichtidentität dieser bestimmten Art von Theilbarkeit keinen Eintrag thäte. Keines von Beiden ist aber geschehen, und wir werden uns später überzeugen, dass Körper und Materie in der That verschieden sind. Wenn man nun aber dennoch von der mechanischen Theilbarkeit der Körper so ohne Weiteres auf die gleiche Theilbarkeit der Materie schliesst, so ist dies ein evidenten Fehlschluss, durch welchen das weitere Raisonnement allen erfahrungsmässigen Grund und Boden verloren hat.

Mit der Widerlegung jener Beweisführung wären wir nun eigentlich schon am Ziele angelangt. Doch, wir wollen annehmen, es gälte in Bezug auf die mechanische Theilbarkeit für die Materie das was für die Körper gilt. Was haben jene Philosophen hiedurch gewonnen? Nichts! wie ich glaube. Denn daraus, dass die Materie mechanisch theilbar wäre und sich keine Grenze dieser Theilbarkeit angeben liesse, würde weder folgen, dass sich niemals eine

solche angeben lasse, noch viel weniger, dass es keine solche giebt oder geben kann. Um aus dem Umstande, dass man noch keine Grenze der mechanischen Theilbarkeit der Körper (oder der Materie) hat angeben können, zu beweisen, dass es keine Grenze derselben giebt, noch geben kann, erlauben sich jene Philosophen einen argen Missbrauch mit der Mathematik. Sie sagen, weil eine begrenzte Theilbarkeit unsern mathematischen Begriffen von Grösse und Theilbarkeit widerstreite, so sei die Materie bis ins Unendliche theilbar, vergessen oder ignoriren hiebei aber gänzlich, dass sie der mechanischen Theilbarkeit eine mathematische unterscheiden und sich dadurch eine arge Begriffsverwechselung zu Schulden kommen lassen, die sich von einem Taschenspieler-Kunststücke entweder nicht oder nur durch Mangel an Absichtlichkeit unterscheidet.

Die Berufung auf die Mathematik war hier gänzlich ungerechtfertigt; denn hier kann sie Nichts beweisen; oder was hat hier die Mathematik mit der mechanischen Theilbarkeit zu schaffen? — Ein je grösseres Gewicht man jener Beweisführung wegen ihrer Berufung auf die Mathematik beigelegt hat, um so nothwendiger war es hier, den mit der Mathematik getriebenen Missbrauch zu rügen.

Gesetzt nun auch, die Materie wäre bis ins Unendliche mechanisch theilbar (für welche Behauptung man aber noch immer den Beweis schuldig bleibt), so folgte daraus noch keineswegs, dass sie sich in Nichts auflösen lasse. Denn wenn man die aus einem endlichen Stücke Materie durch fortgesetztes Theilen entstehenden unendlich kleinen Theilchen durch einen Sprung in Nichts übergehen lässt, aber gleichwohl sich nicht erlaubt, durch einen Sprung rückwärts vom Nichts zu den unendlich kleinen materiellen Theilchen und von da zu dem endlichen Stücke überzugehen, weil es den Gesetzen der Logik widerstreite, so ist darauf zu erwidern, dass die Logik den Sprung, welchen sie **rückwärts** zu thun verbietet, auch nicht erlaubt **vorwärts** zu thun, und dass man also nur durch Verletzung der logischen Gesetze die Materie im Denken durch Theilen zum Verschwinden bringen oder in Nichts auflösen kann.

Ich glaube durch das Gesagte hinreichend dargethan zu haben, dass den Philosophen, welche hier das Räumliche in Unräumliches aufzulösen, dagegen anderwärts jenes aus diesem, doch mit gleichem Erfolge, herzuleiten sich bestreben, der Versuch, einen Widerspruch in dem Begriffe Materie nachzuweisen, vollständig missglückt ist. Es fällt daher der von ihnen gemachte Einwand gegen die Existenz der Materie gänzlich in sein Nichts zusammen.

In welcher Weise aber, wird man fragen, wollen sich dann diese Philosophen die Erscheinungen der erfahrungsmässig gegebenen Welt erklären? Ein Theil derselben begnügt sich mit der Erklärung, die Materie sei Nichts, oder ein „Ding ohne objective Realität,“ die ganze Körperwelt nur ein Erzeugniss unseres Geistes und existire nicht ausserhalb, sondern bloss in unserm Gehirn; andere sprechen der Körperwelt zwar nicht die objective Realität ab, setzen aber an die Stelle der Materie als eines Raumerfüllenden bloss Kräfte, denken sich anstatt der Atome Kraftpunkte, so dass man sich unter Körpern also Systeme von blossen Kraftpunkten vorzustellen hätte, während wir die Körper als Produkte des Zusammenwirkens von Kraft und Materie betrachten. Eine Widerlegung jener Hypothese liegt nicht in unserer Absicht, da sie uns zu weit von unserem eigentlichen Ziele abführen würde. Allein ich kann nicht unterlassen, hier mitzutheilen, zu welchem Resultate die Consequenzen einer solchen Hypothese hingeleitet haben. Die Anhänger derselben bewundern und billigen nämlich den geistreichen Ausspruch Priestley's, dass es keineswegs ungereimt sei, wenn man es für möglich halte, das ganze Planetensystem könne sich auf einen so kleinen Raum zusammenziehen, dass es in einer Nusschale Platz finde. Wer diese geistreiche Behauptung nicht ungereimt finden kann *), wird sicherlich nicht etwa behaupten wollen, dass die Zu-

*) Wenn man sich die Mühe nimmt, darüber nachzudenken, worin das Geistreiche und worin die Ungereimtheit des Priestley'schen Ausspruches liegt, so wird Niemand in meinen Worten eine Geringschätzung dieses bedeutenden Naturforschers finden können.

sammenziehbarkeit des Planetensystems, nachdem sie sich bis zu dem angegebenen Grade geäussert hätte, ihre Grenze erreicht haben müsse, vielmehr zugeben, dass sich überhaupt keine Grenze derselben angeben lasse, und dass es unsern Begriffen von Grösse und Zusammenziehbarkeit widerstreite, letztere als begrenzt zu denken; folglich, wird erschliessen, ist sie unbegrenzt oder unendlich. Denken wir uns nun das Zusammenziehen des Planetensystems als fertig, d. h. zu Ende geführt, so ist dasselbe verschwunden oder in sein Nichts übergegangen. Giebt man nun nicht zu, dass der dem Zusammenziehen entgegengesetzte Prozess auch jetzt noch möglich sei, man also im Denken rückwärts vom Nichts zum Planetensysteme schreiten könne, so ist für unser Denken das Planetensystem ein Etwas und ein Nichts, und zwar in gleichem Sinne; also enthält der Begriff desselben einen Widerspruch; folglich existirt das Planetensystem nicht. Giebt man indess zu, dass der Prozess rückwärts möglich sei, so hat die Philosophie dadurch unendlich viel gewonnen; denn das grosse Problem, das Wie der Schöpfung des Planetensystems oder dessen Entstehung aus dem Unräumlichen, dem Nichts, zu erklären, hat in glanzvoller Weise auf philosophischem Wege seine Lösung gefunden.

Zu solchem Resultate müssten jene Philosophen gelangen, wenn sie den Ausspruch Priestley's adoptirend über die Zusammenziehbarkeit der Körperwelt genau ebenso räsonnirten, wie sie es über die Theilbarkeit der Materie gethan haben.

Ob jene philosophische Anschauungsweise irgendwie geeignet sei, die Naturerscheinungen zu erklären, dürfte mindestens sehr in Zweifel gezogen werden. Denn welchen nur einigermaßen genügenden Erklärungsgrund bietet dieselbe z. B. für die grosse Beharrlichkeit in den Erscheinungen, die trotz der grossen Mannigfaltigkeit und des ewigen Wechsels derselben besteht? Keinen, wie wir so eben gesehen haben. Mit der Ansicht dagegen, dass die Materie das Raumerfüllende, das im Raume Unvergängliche, Unzerstörbare sei, kann eine so sonderbare, wenngleich geistrei-

che Behauptung, wie die Priestley'sche ist, durchaus nicht in Einklang gebracht werden. Ueberdies hat sich die Hypothese der Dynamiker für naturwissenschaftliche Zwecke als durchaus unfruchtbar und unbrauchbar erwiesen; sie ist eben eine Hypothese, mit welcher man bei Erklärung der Naturerscheinungen Nichts anzufangen gewusst hat.

Existirt nun aber in der That Materie oder Raumerfüllendes? Oben wurde gezeigt, dass die gegen den Begriff Materie als Raumerfüllendes gemachten Ausstellungen vollkommen nichtig sind, und hierdurch zugleich der gegen die Möglichkeit ihrer Existenz gemachte Einwand beseitigt. Allein damit ist die Frage über die Existenz der Materie noch keineswegs entschieden; denn was ohne logischen Widerspruch denkbar ist, braucht deshalb noch nicht in Wirklichkeit zu sein. Aprioristisch lässt sich diese Frage natürlich nicht entscheiden. Denn aprioristische Spekulationen können eben nur untersuchen, ob *a priori* gegen die Möglichkeit der Existenz Etwas einzuwenden ist oder nicht; soll aber weiter entschieden werden, ob Etwas auch in der That existirt oder nicht, so müssen die weiteren Gründe hiefür der Erfahrung entnommen werden.

Da die Ansicht der Dynamiker, wenigstens in ihrer jetzigen Gestalt und Entwicklungsstufe, zur Erklärung von Naturerscheinungen sich nicht irgendwie als brauchbar erweist, vielmehr auf Ungereimtheiten führt, so wird man, wenigstens vorläufig, zu der gegentheiligen Ansicht, also zur Annahme von Raumerfüllendem in der That hingewiesen. Es bliebe also hier noch die Frage übrig, ob diese Hypothese mit der Erfahrung im Einklange oder auch etwa im Widerspruche stehe. Nun, bis jetzt hat die Naturwissenschaft, deren Lehren mehr oder weniger auf diese Hypothese basirt sind, noch keine einzige Thatsache anzuführen gewusst, welche derselben widerspräche. Da nun die Vorstellung „Materie“ als Raumerfüllendes aus der Erscheinungsweise der Körperwelt hervorgegangen ist, und man bei naturwissenschaftlichen Forschungen, um nicht allen erfahrungsmässigen Grund und Boden zu verlassen und sich in leere Spekulationen zu verlieren, fest an dem Grundsatz halten

muss, den Schein so lange und insoweit als richtig und mit der Wirklichkeit übereinstimmend gelten zu lassen, als und inwieweit sein Widerspruch mit derselben nicht nachgewiesen werden kann: so sind wir genöthigt, die Hypothese vom Raumerfüllenden wenigstens vorläufig als richtig bestehen zu lassen und sie nicht eher aufzugeben, als bis es in der That gelungen wäre, ihren Widerspruch mit der Erfahrung nachzuweisen. Ein solcher Nachweis würde sich aber keineswegs bloss aprioristisch führen lassen, sondern in letzter Instanz sich immer wieder auf die sinnliche Wahrnehmung stützen müssen, so dass also die Vernunft sich der Sinneswahrnehmung zu bedienen hat, um den aus der empirischen Anschauung gewonnenen Begriff „Materie“ zu widerlegen.

Die Fragen, welcher Unterschied zwischen Körper und Materie stattfindet, wie sich Kraft und Materie zu einander verhalten, ob es mehrere wesentlich verschiedene Arten oder im Grunde nur eine einzige Art von Materie giebt u. s. w., können, wenn überhaupt möglich, nur durch ein genaues Studium der Eigenschaften der Körper eine Erledigung finden, da für uns die Materie nicht als solche, sondern stets nur in Form von Körpern zur Erscheinung kommt. — Zunächst wollen wir daher, um den Unterschied zwischen Körper und Materie festzustellen, versuchen, im Allgemeinen eine Vorstellung von dem Innern und zwar von der Erfüllungsweise der Körper zu gewinnen.

Raumerfüllung innerhalb der Körper, im Allgemeinen.

Ein Unterschied zwischen Körper und Materie muss, wenn er vorhanden ist, sich in den Eigenschaften der Körper aussprechen, und, wenn erkennbar, durch eine Vergleichung derselben mit dem Begriffe Materie zu unserer Erkenntniss gebracht werden können.

Die Materie bildet im Gegensatze zum blossen oder leeren Raume das Raumerfüllende und ertheilt den Körpern

die Eigenschaft, einen Raum nicht bloss einzunehmen, wie es z. B. der Schatten bei Sonnenfinsternissen thut, sondern solchen auch in irgend einer Weise zu erfüllen.

Welches ist nun aber die Art und Weise der Raumerfüllung bei den Körpern? ist sie identisch mit der der Materie, oder unterscheidet sie sich von derselben? und wodurch? Um diese Fragen zu beantworten, wollen wir zunächst erörtern, auf welche Weisen man sich einen Raum erfüllt denken kann, und uns sodann an die Erfahrung wenden, um ihren Ausspruch über die Erfüllungsweise innerhalb der Körper zu vernehmen.

Die Begriffe „leerer Raum“ und „stetig d. h. ohne alle und jede Unterbrechung erfüllter Raum“ sind keinem Menschen fremd; jeder bringt sie schon fertig, gleichsam von Haus aus, mit. Sie sind überdies so einfach, dass es eine ganz vergebliche Mühe sein würde, wollte man versuchen, sie Jemanden erst beizubringen; wer sie nicht schon hätte, könnte sie auf keinem andern Wege als durch die empirische Anschauung und durch Betasten von Körpern gewinnen. — Da man sich einen Raum sowohl als leer als auch als stetig erfüllt denken kann, so kann man weiter durch Combination beider Vorstellungen oder Begriffe die Vorstellung oder den Begriff von unterbrochener oder unvollkommener Raumerfüllung erzeugen; denn man kann sich sehr wohl vorstellen, dass einzelne Theile eines gegebenen Raumes stetig oder vollkommen erfüllt, andere Theile desselben dagegen leer sind, so dass also der ganze Raum weder leer noch auch im strengsten Sinne des Wortes, d. h. vollkommen erfüllt, sondern nur mit Unterbrechung erfüllt ist. Diese Verschiedenheit in der Erfüllungsweise wollen wir durch ein Beispiel nachweisen.

Man denke sich ein Gefäss gefüllt mit Kugeln und ein anderes gefüllt mit Wasser, so gewähren diese Gefässe verschiedene Bilder von Raumerfüllung: dort erscheint uns dieselbe als eine unterbrochene, hier dagegen als eine continuirliche oder ununterbrochene; denn dort gewahren wir leere Zwischenräume, hier dagegen keine.

Die verschiedene Raumerfüllung in dem Gefässe mit

den Kugeln und in dem mit dem Wasser zeigt nun auch ein verschiedenes Verhalten gegen das Eindringen neu hinzutretender Körper. In jenes Gefäss können nämlich noch andere kleinere Körper gebracht oder Flüssigkeiten, wie z. B. Wasser, gegossen werden, weil dieselben in den zwischen den Kugeln gelassenen leeren Räumen Platz zu ihrer Aufnahme finden; in dieses dagegen kann kein anderer Stoff gebracht werden, ohne dass ein Theil des Wassers aus seiner Stelle weichen und das Gefäss, wenn es voll war, überfließen würde, da das Wasser eben den ganzen Raum des Gefässes ausgefüllt und zwischen seinen Theilen keinen leeren Raum zur Aufnahme des neu eintretenden Stoffes gelassen hat. Das Gefäss mit Wasser gewährt uns also ein Bild oder eine Vorstellung von vollkommener, continuirlicher oder ununterbrochener, das Gefäss mit den Kugeln dagegen von unvollkommener, discontinuirlicher oder unterbrochener Raumerfüllung.

Ob nun die Kugeln selbst und das Wasser in ihrem Innern unsichtbare leere Zwischenräume enthalten oder nicht, konnte hier unberücksichtigt gelassen werden, da es ja nur darum zu thun war, vollkommene und unvollkommene Raumerfüllung in ihrem Gegensatze vorstellig zu machen.

Aus einer klaren Vorstellung von Raumerfüllung ergeben sich ohne Weiteres folgende Sätze:

1. Eine vollkommene Erfüllung eines Raumes schliesst die Möglichkeit einer gleichzeitigen weiteren Erfüllung desselben Raumes aus; d. h. ein Raum kann zu **gleicher Zeit** nur **einmal**, nicht aber zwei oder mehrere Male vollkommen erfüllt werden; oder auch: Es giebt keine verschiedenen Grade vollkommener Raumerfüllung, also keine doppelte oder mehrfache.
2. Eine bestimmte Menge Materie oder Raumerfüllendes kann nicht einen bald grösseren, bald kleineren Raum, sondern kann stets nur ein ganz bestimmtes Quantum desselben vollkommen erfüllen; d. h. mit andern Worten: Ein bestimmtes Quantum Materie, welches einen

Raum vollkommen erfüllt hat, kann einestheils auf keinen kleinern Raum reducirt werden und vermag anderntheils einen grössern Raum nur in der Weise einzunehmen, dass seine vollkommene Raumerfüllung sich in eine unvollkommene verwandelt, so dass sich also dann zwischen seinen Theilen entweder leere Räume befinden, oder ein neues Quantum Materie sich dazwischen gedrängt hat.

3. Wenn eine bestimmte Menge Materie einen Raum in der Weise erfüllt, dass sie auf einen kleinern zurückgeführt werden kann, so erfüllt sie ihn nicht vollkommen, sondern nur unterbrochen.

Besitzen die Körper nun in der That eine materielle Unterlage, so muss es uns beim Studium der Eigenschaften derselben gelingen, mit Hülfe dieser Sätze einen Blick in ihr Inneres zu gewinnen. Wären nämlich Körper und Materie identisch, fänd also zwischen ihnen kein eigentlicher Unterschied statt, so müssten auch bei den Körpern alle Merkmale vollkommener Raumerfüllung, wie Undurchdringlichkeit, Unveränderlichkeit ihres Volumens u. s. w. anzutreffen sein; zeigen aber die Körper solche Eigenschaften, die mit einer vollkommenen Raumerfüllung ganz unverträglich sind und sie also ausschliessen, so sind wir gezwungen einen Unterschied zwischen Körper und Materie anzuerkennen und die Existenz leerer Räume oder überhaupt leeren Raumes in den Körpern zu statuiren. Zur Erledigung der Frage, ob die Raumerfüllung in ihnen eine continuirliche oder unterbrochene sei, bietet uns nun die Erfahrung hinreichend genügende Anhaltspunkte in der Beweglichkeit der Körpertheilchen, in dem Verhalten der Körper gegen Druck und Wärme, in der Verschiedenheit ihrer specifischen Gewichte, sowie in den Volumenverhältnissen chemischer Verbindungen und ihrer Bestandtheile. Das hieraus sich ergebende Resultat wird zwar beim ersten Anblicke mit der empirischen Anschauung im entschiedenen Widerspruche zu stehen scheinen; doch wir werden zeigen, dass dieser Wi-

derspruch eben nur scheinbar ist, und gerade jenes Resultat benutzen, um zu erklären, wie es kommt, dass einige Körper durchsichtig, andere undurchsichtig sind, dass einige derselben als den Raum continuirlich erfüllende Massen, andere wieder als blosse leere Räume erscheinen.

Nach dieser kurzen Uebersicht der uns zu Gebote stehenden Mittel wollen wir dieselben in speciellere Erwägung ziehen.

Wir sprachen oben die Ansicht aus, dass die Vorstellung „leerer Raum“ keinem Menschen fremd sei. Indess, wie es Philosophen giebt, welche die Existenz eines Raumerfüllenden leugnen, weil der Begriff desselben mit unserm Denken im Widerspruche stände, eben so fehlt es auch nicht an Vertretern der Ansicht, dass es gar keinen leeren Raum gäbe, da derselbe ja ein Nichts sein müsste, ein Nichts sich aber nicht vorstellen, nicht denken lasse. Ich halte es für durchaus unnöthig, mich auf eine tiefer eingehende Widerlegung dieser gegnerischen Ansicht einzulassen; denn ihr widerspricht das Bewusstsein eines jeden Menschen; er müsste denn zufällig von einem der Natur angeblich innewohnenden *horror vacui* (Abscheu vor dem leeren Raume) gehört und sich in dieses alte Dogma verrannt haben. Ich beschränke mich deshalb darauf, bloss Folgendes zu bemerken:

Man nehme einmal an, der ganze Weltraum sei vollkommen, d. h. ohne alle und jede Unterbrechung erfüllt, so dass also auch kein Theil desselben, so klein er immerhin sein möge, unerfüllt sei, und versuche alsdann, in Uebereinstimmung mit den Gesetzen der Mechanik zu erklären, wie es möglich sei, dass die Himmelskörper trotz des Widerstandes, den sie bei ihrer Bewegung zu überwältigen hätten, ihre Bahnen mit derselben, wenngleich stetig wechselnden, Geschwindigkeit, wie vor Jahrtausenden durchlaufen, ja dass sie sich auch nur einen Augenblick lang bewegen. Man wird es nicht vermögen, man wird selbst nicht einmal im Stande sein zu erklären, dass das kleinste materielle Partikelchen seinen Ort verändern könne. Eine Bewegung von Materie in einem vollkommen erfüllten Raume ist ganz

unbegreiflich, ist ein Ding der Unmöglichkeit. Da nun aber die Materie sich in der That bewegt, so wird die Annahme leeren Raumes nothwendig geboten.

Da das Raumerfüllende der Bewegung Hindernisse entgegensetzt, der leere Raum dagegen nicht, so wird im Allgemeinen ein Raum der Bewegung um so weniger Hindernisse bieten, je weniger Erfüllendes und je mehr und grössere leere Raumtheile in ihm vorhanden sind. In einem vollkommen erfüllten begrenzten Raume könnte, so lange derselbe diese Erfüllungsweise beibehielte keine Bewegung, keine Verschiebung seiner Theile stattfinden. Wenn nun die Erfahrung lehrt, dass in den Gasen und tropfbarflüssigen Körpern die Verschiebung ihrer Theilchen ausserordentlich leicht erfolgt und die Bewegung fester Körper nur wenig Widerstand findet, so muss auf die Gegenwart von verhältnissmässig grossen leeren Zwischenräumen in ihnen geschlossen werden, welche der Materie hinreichenden Spielraum für ihre Bewegung gestatten. Dass auch in den festen Körpern nicht aller Raum erfüllt ist, davon werden wir uns später überzeugen.

Zur Erklärung von optischen und Wärmeerscheinungen nimmt man gewöhnlich die Existenz einer durch das ganze Weltall verbreiteten, äusserst dünnen, elastischen Flüssigkeit an, welche nicht mehr den Gesetzen der Schwere unterworfen sein soll, und nennt sie Aether. Existirt solcher in der That, so ist in jedem bestimmten Raume verhältnissmässig nur äusserst wenig Aethermaterie enthalten; denn ein Widerstand, welchen derselbe den massigeren Weltkörpern leisten müsste, wenn es anders wäre, ist bis jetzt gänzlich unbemerkt gewesen. Nun fand aber Encke, dass der nach ihm benannte Komet seine $3\frac{1}{3}$ jährige Umlaufszeit seit 1786 regelmässig um 1,8 Tage verkürzt hat, und schreibt die Ursache hiervon einem Widerstande zu, welchen dieser Komet in den Himmelsräumen finde; der Widerstand soll von dem vorhandenen Aether herrühren. Es kann sein, dass dies die richtige Erklärung ist; immerhin bleibt aber die Existenz des Aethers noch eine sehr problematische.

Während wir aus den angeführten Bewegungserscheinungen nur überhaupt das Vorhandensein leeren Raumes folgern können, erlangen wir durch das Verhalten der Körper gegen Druck und Wärme auch bereits über das Verhältniss von leerem und erfülltem Raume in denselben einigen Aufschluss. Eine vollkommene Raumerfüllung in den Körpern wäre nämlich mit einer Verminderung ihres Raumquantums oder Volumens gänzlich unverträglich und schliesse jede auch noch so geringe Zusammendrückbarkeit oder Zusammenziehbarkeit aus. Lässt sich nun aber darthun, dass die Körper bei gleichbleibendem materiellen Inhalte einer Volumenverminderung fähig sind, so ist auch hierdurch die unterbrochene Raumerfüllung in ihnen als vollständig erwiesen zu betrachten. Das höchste denkbare Maass der Raumverminderung, welche ein Körper erleiden könnte, wird bestimmt durch das Quantum leeren Raumes in ihm. Der in einem Körper vorhandene leere Raum wird deshalb stets grösser sein, als die Raumverminderung, die wir bei ihm erzeugen, oder zu erzeugen vermögen. Bezeichnen wir das Volumen eines Körpers (das scheinbare Volumen) mit V , den in demselben wirklich erfüllten Raum (das absolute oder wahre Volumen) mit ε , die grösste bekannte Raumverminderung desselben mit l , den leeren Raum mit λ , so ist

$$V = \varepsilon + \lambda$$

$$\varepsilon = V - \lambda$$

$$\lambda = V - \varepsilon$$

$$l < \lambda$$

$$\varepsilon < V - l.$$

Was nun das Verhalten der Körper gegen Druck betrifft, so können durch solchen, so weit unsere Erfahrung reicht, sämtliche Körper, mögen sie sich im gasförmigen oder tropfbarflüssigen oder auch starren Zustande befinden, auf einen kleineren Raum zurückgeführt werden. Diese Eigenschaft der Zusammendrückbarkeit besitzen die verschiedenen Körper in verschiedenem Grade, im höchsten aber die Gase (und Dämpfe), von welchen im Allgemeinen das Mariotte'sche Gesetz gilt, dass nämlich die Räume, welche sie einnehmen, im umgekehrten Verhältnisse zu dem auf

ihnen lastenden Drucke stehen. Es ist also bei einem 2-, 3-, 4fachen Drucke der Raum, welchen eine Gasart einnimmt, nur $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{4}$ des ursprünglichen *). Nach den Versuchen von Arago, Dulong und Pouillet erleidet dieses Gesetz bei der Luft keine Veränderung, selbst bei einem Drucke von 100 Atmosphären, und wahrscheinlich auch nicht bei einem viel höheren. Bei den zu einer Flüssigkeit condensirbaren Gasen dagegen ändert sich dieses Gesetz, sobald der darauf lastende Druck nur noch um wenige Atmosphären geringer ist als derjenige, bei welchem das betreffende Gas tropfbarflüssig wird. — Während mehrere Gasarten nämlich noch durch keinen Druck in den tropfbaren Zustand übergeführt werden konnten, ist dieses bei einer ziemlich grossen Anzahl anderer gelungen. Wenn man nun das Volumen der letzteren Körper im tropfbarflüssigen Zustande mit ihrem Volumen im gasförmigen vergleicht, so gelangt man sofort zu der wichtigen Erkenntniss, dass bei den Gasen das Raumquantum der Materie sehr gering sein muss gegen das Quantum leeren Raumes. So ist im gasförmigen Zustande das Volumen z. B. des Chlors etwa 420-, das der Kohlensäure 500-, das des Schwefelwasserstoffes 580-, des Chlorwasserstoffes 930-, des Ammoniaks 960mal so gross als ihr Volumen im tropfbarflüssigen Zustande.

Wären nun die Flüssigkeiten vollkommen dicht, d. h. ihre Volumina vollkommen erfüllt, so könnte man in den condensirbaren Gasen das Verhältniss von erfülltem und leerem Raume auf die angegebene Weise als gefunden betrachten; es würde sich alsdann, unter der Voraussetzung, dass obige Zahlen völlig genau wären, der erfüllte Raum zum leeren z. B. im Chlorgase wie 1 : 419, im Kohlensäuregase wie 1 : 399 u. s. w. verhalten. Allein auch die Flüssigkeiten sind keineswegs vollkommen dicht; denn sie können noch zusammengepresst werden; und wenn ihre Zusammendrückbarkeit auch als beinahe verschwindend klein

*) Wie dieses Gesetz nachgewiesen wird, kann man in jedem Lehrbuche der Physik finden.

gegen die der Gase sich herausstellt, so ist sie doch als entschieden vorhanden nachgewiesen worden. So hat man mit Hülfe des Oersted'schen Apparats z. B. gefunden, dass Quecksilber sein Volumen um 3,38, Wasser um 48, Schwefelsäure um 82, Aether um 133 Milliontheile vermindern, wenn sie mit einem Drucke von 1 Atmosphäre gepresst werden. Dass nun aber in den Flüssigkeiten trotz ihrer geringen Zusammendrückbarkeit die leeren Räume im Verhältnisse zu den erfüllten noch ziemlich bedeutend sein müssen, davon werden wir uns später überzeugen.

Sind nun aber die festen Körper vollkommen dicht? Dass sie den von ihnen eingenommenen Raum nicht vollkommen mit ihrer Substanz erfüllen, kann man oft schon mit blossen Augen an den Poren derselben erkennen. Aber auch solche feste Körper, an welchen sich selbst mittelst der besten Mikroskope keine Poren entdecken lassen, sind durch Druck oder Stoss noch einer Volumenverminderung fähig. So erhalten, um nur ein Beispiel anzuführen, die Münzen ihr Gepräge durch einen heftigen Stoss des Stempels und besitzen alsdann ein geringeres Volumen, als das angewandte Metall vor der Prägung besass. — So interessant es auch sein würde, die Grenzen der Zusammendrückbarkeit der Körper zu kennen, so hat dieselbe doch noch Niemand zu ermitteln vermocht.

Nach Aufhebung des Druckes nehmen die Gase und Flüssigkeiten ihr früheres Volumen wieder ein, die festen Körper aber nur dann, wenn derselbe gewisse Grenzen nicht überschritten oder zu lange gedauert hat. — Wie durch Druck das Volumen vermindert wird, so kann umgekehrt dasselbe bei festen Körpern durch Zug vermehrt werden.

Sollte Jemand noch etwa einwenden wollen, die in den festen und tropfbarflüssigen Körpern angeblich vorhandenen leeren Räume seien jene bekannten grösseren oder kleineren Poren und würden von Luft erfüllt, so ist, wenn dieses auch zugegeben würde, zu erwidern, dass die Luft, weil sie selbst ja nur unterbrochene Raumerfüllung besitzt und verhältnissmässig sehr wenig Materie enthält, nicht im Stande ist, jene Zwischenräume auch nur annähernd vollkommen

zu erfüllen, und dass mithin die leeren Räume innerhalb der Körper sich nicht weglegen lassen.

Das Resultat, zu welchem wir durch Betrachtung der Wirkungen des Druckes auf die Körper gelangt sind, findet in dem Einflusse der Wärme auf dieselben volle Bestätigung. Die Erfahrung lehrt nämlich, dass sowohl die festen, als tropfbarflüssigen, als auch die gasförmigen Körper, während die Menge ihrer Materie dieselbe bleibt, bei Temperaturveränderung eine Volumenveränderung erleiden, und zwar bei Erhöhung oder Erniedrigung der Temperatur an Volumen resp. zu- oder abnehmen. Wenn es hie und da, wie z. B. beim Wasser in der Nähe des Gefrierpunktes und beim leichtflüssigen Metallgemische von Rose in der Nähe des Schmelzpunktes, scheint, als ob die zunehmende Wärme die Körper nicht auszudehnen, sondern zusammenzuziehen strebe, so ist dieses nur scheinbar, da die abweichende Erscheinung nicht in der Wirkung der Wärme, sondern in Wirkungen anderer Art (Krystallisation) ihren Grund hat. — Stärker als die festen Körper werden durch den Einfluss der Wärme die tropfbarflüssigen, am stärksten aber die Gase und Dämpfe ausgedehnt. Von der Grösse der Ausdehnung, welche die Wärme zu bewirken vermag, kann man sich eine ungefähre Vorstellung machen, wenn man die Volumina mit einander vergleicht, welche ein bestimmtes Quantum Wasser unter gleichem Drucke bei verschiedener Temperatur einnimmt. Es liefert nämlich 1 Cub.-Cent. flüssigen Wassers 1243 Cub.-Cent. Wasserdampf von 0°C , und weil dieser bei je 100°C sich um $\frac{11}{30}$ seines Volumens ausdehnt, 1700 Cub.-Cent. von 100°C u. s. w.; 1 Cub.-Cent. festen Quecksilbers (von etwas unter -40°C) 1584 Cub.-Cent. Quecksilberdampf (auf 0°C reducirt). Die ausdehnende Kraft der Wärme ist so bedeutend, dass ihr kein Körper widerstehen kann, und dass man durch dieselbe fast sämtliche festen Körper in den tropfbarflüssigen und sehr viele, z. B. Gold und Silber, sogar in den gasförmigen Zustand überzuführen vermocht hat.

Dehnen sich die Körper bei zunehmender Wärme aus, so ziehen sie sich umgekehrt bei Wärmeabnahme wieder

zusammen und zwar so, dass ein Körper bei derselben Temperatur auch immer wieder dasselbe Volumen besitzt. Bis zu welchem s. g. Kältegrade nun eine Wärmeabnahme und in deren Folge also auch ein Zusammenziehen der Körper stattfinden kann, lässt sich bis jetzt nicht angeben, da wir die Wärme noch nicht eigentlich zu messen verstehen *). Da indess Natterer, indem er tropfbarflüssiges Stickstoffoxydul von -88°C mit Schwefelkohlenstoff mischte und unter der Luftpumpe rasch verdunsten liess, bereits eine Temperatur von -140°C erzeugt hat, der absolute Nullpunkt der Wärme, d. h. derjenige Temperaturgrad, wo die Wärme zu wirken gänzlich aufhört, jedenfalls noch sehr viel tiefer liegt, so ergiebt sich, dass wir die Körper im Vergleiche zu dem absoluten Wärmenullpunkte nur bei hohen und jedenfalls selbst sehr hohen Temperaturgraden, also auch noch unter einem starken Einflusse der ausdehnenden Kraft der Wärme zu beobachten Gelegenheit haben. Dass die Dehnkraft der Wärme auch bei niederen Temperaturgraden noch bedeutend stark wirkt, kann man daraus schliessen, dass verschiedene Gase durch sehr starken Druck allein nicht in tropfbare Flüssigkeiten verwandelt werden konnten, wohl aber bei viel schwächerem Drucke, wenn zugleich die Temperatur erniedrigt wurde. Einige Gase aber, wie Wasserstoffgas, Sauerstoffgas, Stickstoffgas haben selbst bei einer Temperatur von -110°C und einem starken Drucke noch nicht zu Flüssigkeiten condensirt werden können, was aber jedenfalls bei viel niedrigerer Temperatur geschehen würde. Es war also in ihnen die ausdehnende Kraft der Wärme noch so gross, dass durch sie die materiellen Theilchen verhindert wurden, sich einander so weit zu nähern, um eine tropfbare Flüssigkeit bilden zu können, d. h. sie musste den auf den Gasen lastenden Druck, um seine Wirkung vernichten zu können, an Grösse noch um Etwas übertreffen.

*) Aus der Spannkraft der Gase hat man berechnet, dass dieselbe bei -273°C gleich Null sein müsse, und betrachtet diesen Temperaturgrad als den absoluten Nullpunkt der Wärme.

Aus dem Vorhergehenden ergiebt sich, dass die Körper bei den Temperaturen, bei welchen wir sie gewöhnlich beobachten, ein Volumen besitzen, welches unter dem Einflusse einer noch sehr grossen Dehnkraft der Wärme steht. Dieses gilt nun nicht etwa bloss von den gasförmigen und tropfbarflüssigen, sondern auch von den festen Körpern, obgleich letztere sich im Vergleiche zu den flüssigen und mehr noch zu den gasförmigen Körpern nur wenig ausdehnen. Da jedoch auch die geringste Veränderung in ihrem Wärmezustande eine Volumenveränderung zur Folge hat, so darf man wohl annehmen, dass unter den gewöhnlichen Umständen im Allgemeinen auch bei den festen Körpern die leeren Räume im Verhältnisse zu den erfüllten noch bedeutend sind.

Was uns das Verhalten der Körper gegen Druck und Wärme in Bezug auf ihre Raumerfüllung lehrt, wird durch die Volumenverhältnisse der chemischen Verbindungen und ihrer Bestandtheile vollkommen bestätigt. Wäre nämlich die Raumerfüllung in den Körpern eine ununterbrochene, so müsste das Raumquantum einer chemischen Verbindung gleich dem Gesamtvolumen ihrer Bestandtheile sein. Obgleich dieses nun hie und da auch der Fall ist, so tritt doch in der Regel mit der chemischen Vereinigung eine Verdichtung ein, d. h. das Volumen der Verbindung zeigt sich geringer, als das Gesamtvolumen ihrer Bestandtheile war. Da wir diesen Gegenstand in einem späteren Werke doch ausführlicher besprechen müssen, so begnügen wir uns hier damit, nur ein paar bekannte Fälle anzuführen, welche die erwähnte Volumenverminderung in sehr hohem Grade zeigen. Es verbinden sich z. B. 2 Volumina Wasserstoffgas mit 1 Volumen Sauerstoffgas nicht zu 3, sondern nur zu 2 Volumen Wasserdampf; ferner 3 Volumina Wasserstoffgas mit 1 Volumen Stickstoffgas nicht zu 4, sondern nur zu 2 Volumen Ammoniakgas. Es beträgt also das Volumen der ersteren Verbindung nur $\frac{2}{3}$, das der zweiten nur die Hälfte von dem Gesamtvolumen ihrer Bestandtheile. Beide Verbindungen sind nun auch als tropfbare Flüssigkeiten bekannt; und es verhält sich das

Volumen des flüssigen Wassers zu dem seiner gasförmigen Bestandtheile etwa wie 1 : 1850, das des liquiden Ammoniaks zu dem seiner Bestandtheile etwa wie 1 : 1900. Da nun Wasser schon bei gewöhnlicher Temperatur und bei gewöhnlichem Drucke tropfbarflüssig ist, während Sauerstoff und Wasserstoff unter diesen Umständen Gasform besitzen, so sehen wir, dass dieselbe Menge Materie dieser Körper nach ihrer chemischen Vereinigung bei unveränderter Temperatur und unverändertem Drucke einen 1850mal kleineren Raum erfüllt als vorher. — Die Volumenveränderungen, welche bei der chemischen Vereinigung tropfbarflüssiger, so wie fester Körper eintreten, sind nun zwar bei Weitem nicht so auffallend, allein immerhin bedeutend genug, um sich leicht bemerkbar zu machen.

Die hier bis jetzt betrachteten Eigenschaften der Körper führen sämmtlich auf ein und dasselbe Resultat, nämlich darauf, dass die Körper nur unterbrochene Raumerfüllung besitzen können und mithin aus Raumerfüllendem (Materie) und leeren Räumen bestehen*). Hieraus folgt, dass die Begriffe „Materie“ und „Körper“ keineswegs identisch, sondern wesentlich verschieden sind, und dass man also nicht, wie es bisweilen geschieht, Eigenschaften oder Merkmale, welche bloss der Materie zukommen können, auch den Körpern zuschreiben, oder Eigenschaften der letzteren ohne Weiteres für Eigenschaften der Materie ansehen darf.

*) Die Richtigkeit des gewonnenen Resultates werden diejenigen bestreiten, welche sich noch zu der Ansicht bekennen, dass die Wärme als eine Materie, Wärmestoff genannt, zu betrachten sei; denn die Volumenverminderung der Körper, mag sie nun herbeigeführt werden durch Temperaturerniedrigung, durch Druck oder durch chemische Verbindung, werden sie durch Entweichen von Wärmestoff erklären. Diejenigen Naturforscher dagegen, welche die Wärmeerscheinungen analog den optischen Erscheinungen betrachten und die Wärme als Bewegungsphänomen auffassen, werden dem aus den angeführten Thatsachen gefolgerten Resultate ihre Zustimmung nicht versagen. Uebrigens steht es nach den neuesten Arbeiten über die Wärme zu hoffen, dass es bald gelingen wird, die Vibrationstheorie in der Wärmelehre eben so vollständig, wie in der Optik, durchzuführen.

Folgerungen. Dass ein Raum, welcher vollkommen von Materie erfüllt ist, zu gleicher Zeit nicht weiter erfüllt werden und in ihn nur dann ein neues Quantum Materie dringen kann, wenn von ersterer wenigstens ein gleiches Quantum ausgetreten ist, haben wir oben bereits angegeben. Diese Eigenschaft der Materie, ein anderes Raumeinnehmende oder Raumerfüllende (Körper oder Materie) von dem Eindringen in den von ihr vollkommen erfüllten Raum auszuschliessen, bezeichnet man mit dem Namen Undurchdringlichkeit der Materie. Die Undurchdringlichkeit ist zugleich eine wesentliche Eigenschaft der Materie, da wir Materie ohne sie gar nicht denken können. Dürfen wir aber, wie dies ganz allgemein in den Lehrbüchern der Physik geschieht, auch den Körpern die Eigenschaft der Undurchdringlichkeit zuschreiben und zwar als eine wesentliche Eigenschaft? Sicherlich nicht! denn da die Körper neben erfüllten auch leere Räume besitzen, also die von ihnen eingenommenen Räume mit ihrer Materie nicht vollkommen, sondern nur partiell erfüllen, so fehlt vorerst ein zureichender Grund, der uns nöthigen sollte, uns die Körper als undurchdringlich zu denken. Es kann daher die Undurchdringlichkeit wenigstens nicht als eine nothwendige Eigenschaft der Körper angesehen werden. Das Vorhandensein leerer Räume in den Körpern erlaubt uns vielmehr, es uns als möglich zu denken, einmal dass die materiellen Theilchen eines Körpers, indem sie einander mehr genähert werden, sich auf ein geringeres Volumen zusammenziehen und andern Körpern gestatten, den von ihnen aufgegebenen Raum einzunehmen, ferner dass in die leeren Zwischenräume eines Körpers, während er sein ursprüngliches Volumen beibehält, fremde, ihm nicht zugehörige Materie eindringe und sie wenigstens theilweise erfülle. Und Beides ist nicht bloss möglich, sondern geschieht in der That. Denn, wie wir oben gesehen haben, erleiden die Körper eine Volumenverminderung bei Temperaturabnahme, bei erhöhtem Drucke, so wie gewöhnlich, wenn sie sich chemisch mit ein-

ander vereinigen *). Diese Eigenschaft der Körper steht in ganz entschiedenem Widerspruche mit einer ihnen beigelegten Undurchdringlichkeit. Die Versuche mit der Taucherglocke u. s. w., welche beweisen sollen, dass die darin enthaltene atmosphärische Luft das Eindringen des Wassers verhindere, sind ungenau angestellt und unvollständig beurtheilt worden; denn je tiefer eine Taucherglocke unter Wasser gesenkt wird, desto geringer wird das Volumen der eingeschlossenen Luft und desto mehr Wasser dringt in der That in die Glocke. Nur so viel ist wahr, dass Luft und die andern Körper, so sehr sie auch zusammengepresst werden, immerhin noch einen Raum einnehmen und räumlich nicht zum Verschwinden gebracht werden können. Die äußerste denkbare Grenze ihrer Zusammendrückbarkeit wird bestimmt durch den Raum, welchen ihre Materie vollkommen zu erfüllen vermöchte. Die Fähigkeit der Körper dem Eindringen eines andern in ihren Raum einen Widerstand entgegenzusetzen ist noch lange keine Undurchdringlichkeit, da der Widerstand kein unüberwindlicher ist. — Wir müssen also sagen: Die Eigenschaft der Undurchdringlichkeit kommt wohl der Materie zu, nicht aber den Körpern; vielmehr besitzen letztere in Folge ihrer unvollkommenen Raumerfüllung die Eigenschaft der Durchdringlichkeit in höherem oder geringerem Grade.

Unter den allgemeinen Eigenschaften der Körper führt man auch die Porosität an und versteht unter Poren eines Körpers die von seiner Materie nicht erfüllten kleineren

*) Zum Beweise, dass ich das Wort „Undurchdringlichkeit“ in keiner andern Bedeutung, als ihm beigelegt wird, genommen habe, möge folgende Stelle aus einem Lehrbuche der Physik dienen: „Undurchdringlichkeit (*Impenetrabilitas*) ist jene Eigenschaft der Stoffe, vermöge welcher nicht zwei zugleich denselben Raumtheil einnehmen können. So z. B. steigt das Wasser in einem Gefässe, wenn ein Stein hineingesenkt wird; das Wasser dringt nicht in eine Flasche, wenn sie senkrecht auf die Oberfläche der Flüssigkeit gesetzt wird; ein sprechendes Beispiel liefert die Taucherglocke, die darin enthaltene atmosphärische Luft verhindert das Eindringen des Wassers.“

oder grösseren Zwischenräume. Es fragt sich nun, ob die Porosität wirklich als eine allgemeine Eigenschaft der Körper betrachtet werden darf, und ob sie identisch ist mit der Eigenschaft derselben nur unvollkommene Raumerfüllung, also neben erfüllten auch leere Räume zu besitzen. Wir müssen drei Arten von Zwischenräumen bei den Körpern unterscheiden. Poren *) in dem Sinne, wie man an dem, hier gewöhnlich als Beispiel angeführten, Schwamme beobachtet, kommen nur organischen Gebilden zu, bei deren Stoffwechsel sie erforderlich sind oder waren. Porosität in einem solchen Sinne ist daher ganz entschieden keine allgemeine Eigenschaft der Körper und fehlt den Körpern, welche in den Bereich der Somatologie gehören, ganz und gar. Zwischenräume, welche Bimstein, Marmor, gewöhnlicher Zucker, Kreide u. s. w. zeigen, verdienen nicht den Namen Poren, da sie weiter nichts als zufällig entstandene Lücken sind. Diese Lücken kommen ihrer Natur nach nur bei starren, nicht aber bei elastisch- und tropfbarflüssigen Körpern vor. Aber auch bei vielen festen Körpern, namentlich bei wohl ausgebildeten Krystallen fehlen solche Lücken gänzlich oder lassen doch, wenn ja einzeln vorhanden, leicht ihren zufälligen Ursprung erkennen. Diese Art von Porosität oder vielmehr diese Lückenhaftigkeit ist bloss eine Zufälligkeit, aber keine Eigenschaft und am allerwenigsten eine allgemeine Eigenschaft der Körper.

Die beiden erwähnten Arten von Zwischenräumen: Poren und Lücken, sind keine leeren Zwischenräume, denn sie werden von andern Körpern, wie z. B. von Luft, Wasser, zwar nicht vollkommen, wohl aber unterbrochen erfüllt. Ausser diesen beiden Arten von Zwischenräumen: Poren und Lücken, giebt es nun aber auch noch eine dritte, wesentlich davon verschiedene Art, nämlich eigentlich **leere** Zwischenräume. Nur diese sind allen Körpern gemeinsam, nicht aber jene; und es ist deshalb rathsam, bei den allgemeinen Eigenschaften der Körper nicht mehr von Po-

*) Im ursprünglichen und eigentlichen Sinne versteht man unter Poren die Schweissdrüsenöffnungen auf der Epidermis.

ren, sondern von unsichtbaren leeren Zwischenräumen, nicht von Porosität, sondern von unterbrochener Raumerfüllung zu sprechen.

Noch sei hier bemerkt, dass die in den Körpern enthaltenen leeren Zwischenräume keineswegs, wie die erwähnten Lücken, regellos, sondern nach streng mathematischen Gesetzen vertheilt sind. Hiervon werden wir uns später überzeugen.

Untersuchung über das Verhältniss des erfüllten und leeren Raumes in den Körpern.

Dass zwischen dem Verhältnisse der leeren Räume zu den erfüllten innerhalb der Körper und den Eigenschaften der letzten eine innige Beziehung, ein Causalnexus stattfinden muss, kann schon jetzt für den Leser nicht mehr zweifelhaft sein, und werden wir später noch näher beleuchten und in ausführlichere Erörterung ziehen. Offenbar ist die Frage nach dem Verhältnisse der leeren zu den erfüllten Räumen in den Körpern von grosser Wichtigkeit nicht nur für die Somatologie, sondern auch für die Chemie, Physik, so wie für die Technik. Jenes Verhältniss kann nun in doppelter Weise ins Auge gefasst werden: einmal nämlich bloss im Allgemeinen, indem man fragt: Wie verhält sich das Quantum erfüllten Raumes zum Quantum leeren Raumes? sodann im Speciellen, indem man untersucht, wie gross die einzelnen erfüllten und leeren Räume sind, oder vielmehr, welche Grösse die materiellen Theilchen selbst besitzen, und in welchen Entfernungen von einander sie sich befinden. Bei dem jetzigen Standpunkte der Naturwissenschaft können wir das fragliche Verhältniss nur im Allgemeinen in Erwägung ziehen. So wünschenswerth es nun auch wäre, dasselbe genau zu kennen, weil es uns als eine wichtige Grundlage für die Erforschung des Verhältnisses der leeren und erfüllten Räume im Speciellen dienen würde, so werden wir uns vorläufig doch damit begnügen müssen, zu ermitteln, wie viel **leeren** Raum wir in einem fraglichen Körper

zufolge seiner Eigenschaften wenigstens annehmen müssen, und wie viel **erfüllter** Raum also in ihm allerhöchstens vorausgesetzt werden darf. Schon ein derartiges Resultat, wenn nur sicher und bestimmt gewonnen, könnte sich für die Naturforschung nicht anders als erspriesslich erweisen, da durch dasselbe unsere Vorstellung von dem Innern der Körper nach der einen Seite hin an weiterem Irren verhindert wäre; denn dadurch, dass ihr das geringste Quantum leeren Raumes vorgeschrieben wird, welches sie möglicherweise annehmen dürfte, wird ihrer Willkür nach der einen Richtung hin eine nicht mehr zu überschreitende Grenze gesteckt, und ihr somit diejenige Richtung angegeben, nach welcher hin sie eine Berichtigung, eine Vervollkommnung zu suchen und anzustreben hat. — Eine derartige Bestimmung des Verhältnisses vom leeren zum erfüllten Raume würde noch an Werth gewinnen, wenn wir im Besitze eines auf alle Körper leicht und sicher anwendbaren Mittels wären, das zu jener Bestimmung führte.

Zur Erreichung des angegebenen Zweckes bieten sich nun als ein höchst schätzbares Mittel die specifischen Gewichte der Körper dar. Denn dieselben stehen mit den in den Körpern enthaltenen Quanten Materie oder erfüllten Raumes in einem so unmittelbaren und innigen Zusammenhange, dass wir von den specifischen Gewichten mit grosser Sicherheit auf die relativen Quanten erfüllten Raumes in den Körpern schliessen dürfen. Da nun die Bestimmung der specifischen Gewichte im Allgemeinen nur mit geringen Schwierigkeiten verknüpft ist, so ist es bei fast allen Körpern leicht, ihr specifisches Gewicht mit grosser Genauigkeit zu ermitteln und dasselbe zur Gewinnung einer Vorstellung von dem Innern der Körper in Anwendung zu bringen.

Von Wichtigkeit sind hier besonders zwei Thatsachen, mit welchen uns die Erfahrung bekannt gemacht hat, nämlich 1. die, dass unter den Körpern eine grosse Verschiedenheit der specifischen Gewichte stattfindet und zwar so, dass jeder Körperspecies ein ihr eigenthümliches (oder specifisches) Gewicht zukommt, und 2. die, dass sämtliche Körper trotz dieser Verschiedenheit ihrer specifischen Ge-

wichte im luftleeren Raume, wo also der Widerstand der Luft beseitigt ist, mit gleicher Geschwindigkeit fallen, d. h. gleich stark von der Erde angezogen werden. — Es fragt sich nun, was sich aus diesen Thatsachen für unsern Zweck folgern lässt.

Da es (S. 28) keine verschiedenen Grade vollkommener Raumerfüllung giebt, so können gleiche Quanten Materie auch nicht ungleiche, sondern nur gleiche Quanten Raum vollkommen erfüllen, d. h. es müssen sich die Quanten Materie wie die von ihnen vollkommen erfüllten Räume, und umgekehrt die vollkommen erfüllten Räume wie die Quanten der sie vollkommen erfüllenden Materie verhalten. Wüssten wir nun, wie vielmal ein Körper mehr Materie besitzt als ein anderer, so wäre uns auch bekannt, wie vielmal in dem einen Körper mehr erfüllter Raum enthalten ist als in dem andern.

Schon früher (S. 21) bemerkten wir, dass die Materie im Gegensatze zu dem unveränderlichen und unverrückbaren Raume als das im Raume Bewegliche gedacht werden muss. Doch dürfen wir nicht etwa annehmen, dass sie sich von selbst, aus eigenem Antriebe in Bewegung setzt oder setzen kann, sondern nur, dass sie bewegt wird oder es werden kann. Das Etwas, was die Bewegung veranlasst oder zu veranlassen strebt, also das Bewegende, ist die Kraft. Die Materie ist demnach bei der Bewegung nicht als das Active, sondern als das Passive zu betrachten, das die Bewegung gleichsam nur mit sich geschehen lässt; sie ist das, woran die Kraft ihre Wirkung äussert. Sie kann daher auch nicht von selbst aus dem Zustande der Ruhe in den Zustand der Bewegung, noch aus dem der Bewegung in den der Ruhe übergehen. Diese Eigenschaft der Materie, in dem einmal angenommenen Zustande der Ruhe oder der Bewegung unveränderlich so lange zu verbleiben oder zu verharren, bis eine äussere Ursache sie zwingt, diesen Zustand aufzugeben oder zu verändern, bezeichnet man mit dem Namen Trägheit oder Beharrlichkeit. „Dieser wichtige Begriff ist zuerst von Galilëi im Jahre 1638 aufgestellt worden.“

Soll nun einem bestimmten Quantum Materie eine Bewegung von bestimmter Geschwindigkeit ertheilt werden, so ist hiezu ein gewisser Aufwand von Kraft erforderlich; soll aber demselben Quantum derselben Materie eine doppelte, dreifache u. s. w. Geschwindigkeit ertheilt werden, so wird hierzu auch eine doppelt, dreifach, vierfach u. s. w. so grosse Kraft erfordert. Werden also gleiche Quanten einer und derselben Art Materie mit verschiedener Geschwindigkeit in Bewegung gesetzt, so verhalten sich die auf sie wirkenden Kräfte wie die erlangten Geschwindigkeiten. Bezeichnen wir mit M und m die Quanten (oder Massen) derselben Art Materie, mit C und c die resp. Geschwindigkeiten und mit K und k die entsprechenden Kräfte, so folgt für $M = m$ die Proportion $K : k = C : c$.

Bei gleichen Quanten derselben Art Materie ist die Beharrlichkeit gleich gross oder das Beharrungsvermögen gleich; eine 2-, 3-, 4fache Quantität derselben Materie wird also auch ein 2-, 3-, 4fach so grosses Beharrungsvermögen besitzen, zu dessen Ueberwindung mithin eine 2-, 3-, 4fach so grosse Kraft erforderlich sein muss, wenn die Bewegung mit gleicher Geschwindigkeit erfolgen soll. Daraus ergibt sich, dass, wenn verschiedene Quanten Materie derselben Art sich mit gleicher Geschwindigkeit bewegen, die wirkenden Kräfte sich verhalten wie die Massen; d. h. für $C = c$ ist $K : k = M : m$.

Eine Kraft von bestimmter Grösse kann einem gewissen Quantum Materie auch nur eine Bewegung von bestimmter Geschwindigkeit ertheilen; wirkt sie dagegen auf ein 2-, 3-, 4mal grösseres Quantum Materie derselben Art, so ist (vergl. vorigen Satz) die vorhandene Kraft 2-, 3-, 4mal zu klein, als dass dieselbe Geschwindigkeit resultiren könnte; es bewegt sich deshalb die Materie nur $\frac{1}{2}$ -, $\frac{1}{3}$ -, $\frac{1}{4}$ mal so schnell. Daraus folgt der Satz: Sind die Kräfte, welche auf zwei ungleiche Quanten Materie derselben Art wirken, einander gleich, so verhalten sich die erlangten Geschwindigkeiten umgekehrt wie die Massen; d. h. für $K = k$ ist $C : c = m : M$.

Ziehen wir nun das oben erwähnte Fallgesetz in etwas genauere Erwägung! So weit unsere Erfahrung reicht, haben alle Körper das Streben, sich nach einander hinzubewegen, und vereinigen sich in der That, wenn diesem ihrem Bestreben kein Hinderniss im Wege steht. Daraus schliesst man, dass aller Materie eine Kraft innewohnt, vermöge welcher sie sich gegenseitig anzieht, und nennt solche Kraft allgemeine Attractiv- oder Anziehungskraft der Materie. Die Ursache, weshalb Körper, die von der Oberfläche der Erde entfernt und sich dann selbst überlassen werden, fallen, d. h. nach der Erde hin sich bewegen, ist daher in der gegenseitigen Anziehung dieser Körper und der Erde zu suchen.

Die Erfahrung lehrt nun vorerst, dass sowohl kleinere als grössere Stücke desselben Körpers, also auch verschiedene Quanten derselben Materie, im luftleeren Raume mit gleicher Geschwindigkeit fallen. Hiebei macht die Gestalt des fallenden Körpers keinen Unterschied, es kommt also nichts darauf an, ob die materiellen Theilchen desselben (von der Erde aus betrachtet) mehr hinter als neben einander sich befinden; auch ist es vollkommen einerlei, ob derselbe materielle Inhalt eines Körpers auf ein grösseres oder kleineres Volumen vertheilt ist, ob also das Volumen des Körpers durch Temperaturerhöhung vermehrt oder durch Temperaturabnahme oder erhöhten Druck vermindert ist. Da nun das Beharrungsvermögen eines und desselben Körpers mit der Quantität seiner Materie zu- und abnimmt, so folgt aus dem Gesagten, dass die Kräfte, welche ihn beim Fallen nach der Erde hintreiben, sich verhalten wie die Quanten seiner Materie oder wie seine Massen; denn weil hier $C = c$ ist, so muss, da gleichartige Materie vorausgesetzt wird, $K : k = M : m$ sein. — Weil die Masse der Erde dieselbe bleibt und sie unter übrigens gleichen Umständen stets in gleicher Weise und gleich stark wirken muss, so kann die erwähnte Zu- und Abnahme der Anziehungskraft nur abhängig sein von den Quanten Materie des fallenden Körpers. Wir können deshalb sagen: Die Anziehungskraft eines Körpers wächst und nimmt ab mit dem

Quantum seiner Materie, oder ist proportional seiner Masse.

Macht nun aber hierin nicht etwa eine Verschiedenartigkeit der Materie einen Unterschied? Es scheint nicht so; denn ein Grund, warum gleiche Quanten verschiedenartiger Materie — angenommen, dass es in der That verschiedene Arten derselben gäbe — auch ein verschiedenes Beharrungsvermögen besitzen sollten, lässt sich nicht einsehen. Wäre dasselbe aber dennoch bei verschiedener Materie verschieden, so sollte man erwarten, dass Körper von verschiedener materieller Zusammensetzung mit verschiedener Geschwindigkeit sich im luftleeren Raume nach der Erde hin bewegen. Die Erfahrung lehrt aber im Gegentheil, dass sämtliche Körper, also auch alle Arten Materie, im luftleeren Raume gleich schnell fallen. — Wollte man aber gleichwohl die Ansicht, dass gleiche Quanten verschiedenartiger Materie ein ungleiches Beharrungsvermögen besitzen, nicht aufgeben und durch sie mit der Erfahrung nicht in Widerstreit gerathen, so müsste man zugleich die Annahme statuiren, dass die Anziehungskraft bei gleichen Quanten verschiedenartiger Materie genau in demselben Verhältnisse zu- oder abnähme wie ihr Beharrungsvermögen. Nun ist es aber vorerst mindestens sehr zweifelhaft, ob wirklich wesentlich verschiedene Arten Materie existiren; sodann wäre, selbst wenn es in der That dergleichen gäbe, kein irgendwie hinreichender Grund vorhanden, der uns nöthigen sollte, bei verschiedenartiger Materie ein verschiedenes Beharrungsvermögen vorauszusetzen, und endlich wäre die Annahme, dass die Anziehungskraft gleicher Quanten verschiedener Materie sich mit dem Beharrungsvermögen derselben ändere, eine willkürliche. Mithin muss man die Ansicht, dass gleiche Quanten sämtlicher Materie gleiches Beharrungsvermögen, so wie gleiche Anziehungskraft besitzen, ganz entschieden als die wahrscheinlichste gelten lassen. Ohne einen Irrthum befürchten zu müssen, können wir daher auch ganz allgemein behaupten, dass die Anziehungskraft der Materie mit deren Quantum zu- und abnimmt. Hieraus und aus der gleichen Fallgeschwindigkeit sämtli-

cher Körper im luftleeren Raume folgt, dass die Kräfte, mit welchen die Körper zu fallen streben, sich verhalten wie die Massen derselben. Da wir nun im Stande sind, diese Kräfte mit einander zu vergleichen, so sind wir auch im Besitze eines Mittels, um bestimmen zu können, wie vielmal der eine Körper mehr oder weniger Materie besitzt als ein anderer.

Wird nämlich ein Körper durch eine Unterlage oder dadurch, dass man ihn an einem Faden u. s. w. aufhängt, am Fallen verhindert, so übt er einen seiner Masse oder der Grösse der Kraft, mit welcher er nach der Erde hingezogen wird, entsprechenden Druck oder Zug aus. Die Grösse dieses Druckes oder Zuges heisst sein Gewicht. Je grösser das Gewicht eines Körpers ist, desto grösser ist also auch die Kraft, die ihn nach der Erde hintreibt, folglich auch seine Masse oder die Quantität der in ihm vorhandenen Materie. Hat daher ein Körper ein 2-, 3-, 4- mal so grosses Gewicht als ein anderer, so enthält er auch 2-, 3-, 4- mal so viel Materie. — Als Gewichtseinheit dient bei den Franzosen und in den meisten wissenschaftlichen Werken das Gramm, d. h. das Gewicht eines Cub.-Cent. reinen Wassers bei $4,1^{\circ}\text{C}$. 1000 Gramm geben 1 Kilogramm oder 2 deutsche Zollpfunde. Die Anzahl Gramme oder Pfunde, welche ein Körper wiegt, heisst sein absolutes Gewicht.

Unter eigenthümlichem oder specifischem Gewichte eines Körpers versteht man häufig dasjenige absolute Gewicht, welches derselbe bei einem bestimmten als Einheit angenommenen Volumen hat. Als Volumeneinheit dient bei festen und tropfbarflüssigen Körpern gewöhnlich 1 Cub.-Cent. Demnach ist das specifische Gewicht des Wassers = 1 Gramm, das des Eisens = 7,8 Gr., das des Kupfers = 9 Gr., das des Bleis = 11,5 Gr. u. s. w. Da man indess jedes beliebige Volumen, so wie jedes beliebige Gewicht als Einheit annehmen kann, es sich also im Grunde nur darum handelt, zu wissen, wie vielmal ein Körper mehr wiegt, als ein ihm gleiches Volumen eines andern Körpers, so wird auch schon und zwar ganz gewöhnlich bloss

die Zahl, welche dieses Verhältniss angiebt, mit dem Namen „specifisches Gewicht“ bezeichnet. Es ist daher, wenn man von dem Gewichte des Wassers als Einheit ausgeht, das specifische Gewicht des Eisens $= 7,8$, das des Kupfers $= 9$ u. s. w. Bei den Gasen und Dämpfen versteht man gewöhnlich unter specifischem Gewichte die Zahl, welche anzeigt, wie vielmal ein solcher Körper schwerer ist, als ein gleich grosses Volumen atmosphärischer Luft.

Durch die specifischen Gewichte der Körper erfahren wir, wie vielmal dieselben in einem bestimmten Volumen mehr Materie enthalten als Wasser (oder Luft) in einem gleich grossen Volumen. Je mehr Materie ein Körper in einem bestimmten Volumen enthält, desto dichter wird er genannt. Da sich nun, wenn die Dichtigkeit des Wassers (bei $4,1^{\circ}\text{C}$) $= 1$ gesetzt wird, die specifischen Gewichte der Körper verhalten, wie ihre Dichtigkeiten, so werden von einigen Physikern die Ausdrücke „specifisches Gewicht“ und „Dichtigkeit“ als gleichbedeutend gebraucht *).

Da, wie oben bereits angegeben wurde, in den Körpern die vollkommen erfüllten Räume sich verhalten wie die Quanten Materie, so lassen sich die Beziehungen zwischen den Gewichten der Körper und den in diesen erfüllten Räumen in folgender Weise zusammenfassen:

1. Die **absoluten** Gewichte der Körper verhalten sich wie die Quanten der in ihnen enthaltenen Materie, oder wie die in ihnen vollkommen erfüllten Räume.
2. Die **specifischen** Gewichte der Körper verhalten sich wie die in gleichen Volumen enthaltenen Quanten Materie oder vollkommen erfüllten Raumquanten.

Wird das spec. Gew. des Wassers $= 1$ gesetzt, so ist

*) Diesen Sprachgebrauch sollte man aufgeben, da man die Dichtigkeit eines Körpers eigentlich nur dann $= 1$ setzen könnte, wenn er eben ganz dicht, d. h. vollkommen dicht wäre. Einen solchen Körper giebt es nun aber nicht, und Wasser ist sicher weit davon entfernt, auf vollkommene Dichtigkeit Anspruch erheben zu können.

das des Kupfers = 9, das des Quecksilbers = 13,5; demnach verhalten sich in gleichen Volumen die Quanten Materie oder erfüllten Räume bei Wasser, Kupfer und Quecksilber wie 1 : 9 : 13,5.

Durch die specifischen Gewichte der Körper erfahren wir indessen nur das Verhältniss ihrer erfüllten, keineswegs aber das ihrer leeren Räume und folglich auch nicht das Verhältniss ihres erfüllten zu ihrem leeren Raume; denn das spec. Gew. eines Körpers drückt nicht dessen wahre, sondern nur eine relative Dichtigkeit aus, da ja bei Gleichsetzung der Begriffe „Dichtigkeit“ und „specifisches Gewicht“ die Dichtigkeit eines Körpers (Wasser oder Luft), d. h. die Dichtigkeit eines aus erfülltem und leerem Raume Bestehenden, nicht aber die eines vollkommen erfüllten Raumes, d. h. die der Materie, = 1 gesetzt wird.

Angenommen indess, das specifische Gewicht der Materie wäre bekannt, so liesse sich aus den specifischen Gewichten der Körper das in denselben vorhandene Verhältniss leeren und erfüllten Raumes mit der grössten Leichtigkeit berechnen. Denn setzen wir das specifische Gewicht der Materie = S , wenn das des Wassers = 1, das Volumen des Wassers = 1, den erfüllten Raum = ϵ , den leeren = λ , so wäre im Wasser der erfüllte Raum, d. i. $\epsilon = \frac{1}{S}$, der leere Raum, d. i. $\lambda = \text{dem Reste} = 1 - \frac{1}{S}$, mithin das Verhältniss des erfüllten zum leeren Raume oder $\epsilon : \lambda = \frac{1}{S} : \frac{S-1}{S} = 1 : S-1$.

Es sei ferner allgemein das specifische Gewicht eines festen oder flüssigen Körpers = s , so enthält er s -mal so viel Materie als ein dem seinigen gleiches Volumen Wasser; es ist also, unter Beibehaltung der vorhin eingeführten Bezeichnungen, $\epsilon = \frac{s}{S}$, $\lambda = \text{dem Reste} = 1 - \frac{s}{S} = \frac{S-s}{S}$, folglich $\epsilon : \lambda = s : S-s = 1 : \frac{S-s}{s}$.

Nun ist aber das specifische Gewicht der Materie noch unbekannt, kann also zu einer wirklichen, exacten Berech-

nung des in den Körpern vorhandenen Verhältnisses vom erfüllten zum leeren Raume auch noch nicht in Anwendung gezogen werden.

Da nun ferner die Materie nicht selbst, nicht als solche, sondern nur in Form von Körpern zu unserer sinnlichen Wahrnehmung gelangt, so wird vielleicht Mancher die Lösung der Frage, wie gross das specifische Gewicht der Materie sei, für absolut unmöglich und folglich ein Streben nach diesem Ziele für widersinnig halten und erklären. Doch auf dergleichen Unmöglichkeits- und Widersinnigkeitserklärungen lege ich meinstheils nicht das geringste Gewicht; denn sie sind eben nur subjectiv- und sogar häufig nur temporär-subjectiv-gültige Urtheile und besagen weiter nichts, als dass ihr Urheber zur Zeit kein mit Wahrscheinlichkeit zum Ziele führendes Mittel auffinden könne, noch die Auffindung eines solchen sich selbst oder Anderen zutraue *).

Was die Wichtigkeit einer Lösung jener Frage für die Wissenschaft betrifft, so kann solche, wie selbstverständlich, gar nicht in Zweifel gezogen werden.

Sind wir nun aber doch nicht etwa zu der Annahme, dass eine Lösung jener Aufgabe möglich sei, völlig unberechtigt? Wer dieses behauptete, würde entweder übersehen oder ignoriren, dass die Eigenschaften der Körper in einem nothwendigen Zusammenhange mit dem specifischen Gewichte der Materie stehen müssen. Oder was nöthigt uns denn wohl, da die Eigenschaften der Körper sich unserer sinnlichen Wahrnehmung nicht entziehen, zu dem Schlusse, dass die Auffindung dieses Zusammenhanges und eine mathematische Erfassung desselben eine Unmöglichkeit bleiben werde? Das Nichtbegreifenkönnen des Wie der Lösung gewährt noch keine Berechtigung zur Behauptung ihrer Unmöglichkeit. — Dem Laien in der Mathematik ist es ebenfalls unbegreiflich, wie der Astronom die Entfernungen der Planeten von der Sonne und die Bahnen dieser Himmelskörper zu berechnen im Stande sei; und obgleich er weiss,

*) Ueber dergleichen absprechende Urtheile hat die Geschichte der Wissenschaften und Entdeckungen auch schon längst gerichtet.

dass die (durch Rechnung) vorausbestimmten astronomischen Erscheinungen (z. B. Sonnen- und Mondfinsternisse) selbst bis auf die Sekunde richtig eintreffen, so ist er dennoch von der Möglichkeit solcher Berechnungen noch keineswegs durch und durch überzeugt, er kann dieselbe höchstens glauben oder aus Mangel an hinreichendem Grunde, sie in Abrede zu stellen, bloss zugeben. — Wer mit der Mathematik, mit der Physik unbekannt ist, wird es für absolut unmöglich halten, das specifische Gewicht der Planeten zu bestimmen, da ja von einer directen Wägung der Himmelskörper durchaus nicht die Rede sein kann. Und dennoch haben die Astronomen dieses Problem, sei es nun mehr oder weniger bestimmt gelöst. Warum sollte nun die Bestimmung des specifischen Gewichtes der Materie so absolut unmöglich sein? etwa weil sie nicht als solche, sondern nur in Form von Körpern zur Wägung gelangen kann? Wie wenig stichhaltig ein solcher Grund wäre, braucht nicht erst weiter gezeigt zu werden.

Es könnte vielleicht Jemand noch den Einwand erheben, dass der Frage nach dem specifischen Gewichte der Materie aller Zusammenhang mit den übrigen Bestrebungen der Wissenschaft fehle und sie folglich als eine nicht zeitgemässe angesehen werden müsse.

Nun, wem die Bestrebungen der neueren Chemie nicht gänzlich fremd sind, wer da weiss, wie sehr sich die Chemiker heut zu Tage abmühen, um die chemische Constitution der Körper, d. h. die Vertheilungs- und Verbindungsweise der materiellen Theilchen in denselben zu erforschen und sogar durch graphische Darstellungen zu veranschaulichen, wer die verschiedenen zu diesem Zwecke ausgedachten und aufgestellten Theorien kennt, — dem wird es auch nicht entgangen sein, dass zur Erforschung der chemischen Constitution der Körper die Beantwortung noch mancher Vorfragen erforderlich ist, dass eine wirkliche Erkenntniss und namentlich eine graphische Darstellung von der Vertheilungs- und Verbindungsweise der materiellen Theilchen unter einander nothwendig die Kenntniss des in den Körpern vorhandenen Verhältnisses vom erfüllten zum leeren

Raume voraussetzt. Der Frage nach dem specifischen Gewichte der Materie wird man also wegen dieser ihrer Stellung zu den Bestrebungen der neueren Chemie auch nicht den Charakter, zeitgemäss zu sein, absprechen können.

Ihre Beantwortung selbst ist aber mit ausserordentlich grossen Schwierigkeiten verknüpft und kann selbstverständlich nur durch ein auf dieses eine Ziel gerichtete Zusammenwirken verschiedener Forscher wirklich erreicht werden; denn nur das genaueste Studium nicht bloss einer einzigen, sondern mehrerer Arten oder eines Complexes von Eigenschaften der Körper kann zu einer wirklichen Lösung jener Aufgabe hinführen, wie leicht einleuchten muss.

Unsere Absicht ging und geht hier nur dahin, für die Frage nach dem specifischen Gewichte der Materie vorerst ein Interesse zu erwecken und, wo möglich, zu ihrer Bearbeitung anzuregen. Wir wollen deshalb an dieser Stelle auch bloss untersuchen, zu welchem Resultate bezüglich jener Frage die Betrachtung der specifischen Gewichte einiger und zwar der uns bekannten schwersten Körper hinführt.

Offenbar kann das specifische Gewicht der Materie nicht geringer sein als das der uns bekannten schwersten Körper, d. h. nicht geringer als das des Platins und Iridiums. Gefunden wurde das specifische Gewicht

des Platins =

20,875 J. B. Richter.

21,5 Berzelius.

20,857 geschmolzenes.

22,1 gemünztes.

22,069 gewalztes.

23,5 iridiumhaltig; Cloud.

(26,6 ? *) Platinmohr; G. Rose.)

des Iridiums =

18,68 geschmolzenes; Children.

*) So viel mir bekannt, legt G. Rose selbst auf diese von ihm gefundene Zahl keinen weiteren Werth; doch dürfte es sich nach meinem Dafürhalten der Mühe lohnen, die Bestimmung des specifischen Gewichtes des Platinmohrs wieder aufzunehmen.

21,8 geschmolzenes; Hare.

21,11 künstlich krystall.; Boedeker.

22,65—22,8 gediegen, platinhaltig; G. Rose.

23,46 „ „ Breithaupt.

Gesetzt nun auch, das specifische Gewicht 23,5 für Platin und 23,46 für Iridium seien etwas zu hoch, was ich indess keineswegs behaupten möchte, so darf man doch, da auch G. Rose das specifische Gewicht des Iridiums zu 22,8 fand, aus den angeführten Angaben zuverlässig den Schluss ziehen, dass das von Cloud untersuchte Platin und das von Breithaupt untersuchte Iridium ein specifisches Gewicht besessen haben, welches nicht hinter der Zahl 23 zurückgeblieben sei. Man kann daher mit vollster Ueberzeugung den Satz aussprechen: Das specifische Gewicht der Materie muss allermindestens zu 23 angenommen werden.

Legen wir diese Zahl als die richtige zu Grunde, so berechnet sich (weil das spec. Gew. des Wassers = 1, des Diamanten = 3,5, des Zinnobers = 8, des Kupfers = 9, des Quecksilbers = 13,5 ist) das Verhältniss vom erfüllten zum leeren Raume:

im Wasser wie $1 : 22 = 1 : 22,000$

im Diamanten „ $3,5 : 19,5 = 1 : 5,571$

im Zinnober „ $8 : 15 = 1 : 1,875$

im Kupfer „ $9 : 14 = 1 : 1,556$

im Quecksilber „ $13,5 : 9,5 = 1 : 0,704$.

Demnach ist in den allermeisten flüssigen und festen Körpern ganz entschieden der leere Raum als überwiegend vorhanden anzunehmen.

In den gasförmigen Körpern endlich ist das Quantum leeren Raumes gegen das Quantum erfüllten Raumes so bedeutend, dass letzteres nur einen äusserst geringen Bruchtheil von ersterem beträgt, wie wir sogleich sehen werden.

Nach Regnault's Versuchen nämlich wiegen 1000 Cub.-Cent. atmosphärischer Luft unter normalen Verhältnissen, d. h. bei 0°C und 76^{cm} Bar. H. 1,293187 Gr., dagegen wiegen 1000 Cub.-Cent. Wasser (bei $4,1^{\circ} \text{C}$) 1000 Gr.; mithin

ist in der atmosphärischen Luft 773,283-mal weniger Materie enthalten als in einem gleichen Volumen Wasser.

Setzen wir die Zahl $773,283 = n$, so fällt das auf atmosphärische Luft als Einheit bezogene specifische Gewicht immer n -mal grösser aus, als wenn es auf Wasser als Einheit bezogen würde. Wenn wir nun das specifische Gewicht eines Körpers für Wasser $= 1$ mit s , dagegen für Luft $= 1$ mit s' bezeichnen, so ist $s' = n \cdot s$ oder $s = \frac{s'}{n}$. Es sei nun der erfüllte Raum eines Körpers $= \varepsilon$, der leere Raum $= \lambda$, so verwandelt sich die Gleichung

$$\varepsilon : \lambda = s : S - s \text{ (s. S. 50) in}$$

$$\varepsilon : \lambda = \frac{s'}{n} : S - \frac{s'}{n}$$

$$= s' : nS - s' = 1 : \frac{nS - s'}{s'} = 1 : \frac{nS}{s'} - 1.$$

Führen wir ferner für n und S die obigen Werthe ein, so ist

$$\varepsilon : \lambda = s' : 773,283 \cdot 23 - s'$$

$$= s' : 17785,509 - s'$$

$$= 1 : \frac{17785,509 - s'}{s'} = 1 : \frac{17785,509}{s'} - 1.$$

Für atmosphärische Luft $= 1$ ist das spec. Gew. des Quecksilberdampfes $= 7,03$, des Sauerstoffgases $= 1,105643$, des Wasserstoffgases $= 0,0692$. Hieraus berechnet sich nach dem Vorhergehenden das Verhältniss des erfüllten zum leeren Raume:

im Quecksilberdampfe wie 1 : 2528,9

im Sauerstoffgase „ 1 : 16085,1

in der atmosphärischen Luft „ 1 : 17784,5

im Wasserstoffgase „ 1 : 257015,0.

Wer möchte indess wohl glauben, dass die Zahl 23 hoch genug sei, um das specifische Gewicht der Materie repräsentiren zu können? Die Annahme, dass sie es sei, ist eben so unwahrscheinlich als die, dass Iridium und Platin von dem angegebenen specifischen Gewichte wirklich vollkommen dichte Körper wären, d. h. Körper ohne alle und jede leeren Räume, oder mit andern Worten: blosse Stücke oder Klumpen Materie. Denn da die Gegenwart von verhältniss-

mässig grossen leeren Räumen in den übrigen Körpern zur Annahme von gesonderten materiellen Theilchen in denselben zwingt, so werden wir solche auch bei Platin und Iridium von dem obigen specifischen Gewichte annehmen müssen *). Dass diese Körper keine Ausnahme von den übrigen in genannter Beziehung machen, bedarf keiner weiteren Erörterung.

Untersuchen wir nun, wie hoch man, ohne die Grenzen der Wahrscheinlichkeit zu überschreiten, das specifische Gewicht der Materie wohl annehmen darf!

Allgemein nehmen die Chemiker an, dass die materiellen Theilchen eines und desselben elementaren Körpers oder Elementes, einander an Grösse und Gestalt völlig gleich sind. Aus Gründen, die ich jedoch erst in einem späteren Kapitel entwickeln werde, muss ich mich dieser Ansicht entschieden anschliessen. Ferner schreibt man jenen Theilchen Kugelgestalt oder doch sehr nahe kommende Formen zu, — eine Vorstellung, die sich in Rücksicht auf Wahrscheinlichkeit wohl mit jeder andern messen und den Vergleich aushalten dürfte **). Endlich gelten Platin und Iridium noch als wirklich elementare Körper. Auch diese Ansicht acceptire ich hier als die richtige, da sie bis jetzt noch nicht widerlegt werden konnte, und zwar mit um so weniger Be-

*) Die Annahme, dass es einen vollkommen dichten Körper gäbe, würde, da derselbe immerhin aus materiellen Theilchen bestände, zugleich die Annahme involviren, dass diese Theilchen geradflächig (etwa würfelig u. s. w.) begrenzt wären; denn nur solche könnten sich so an einander lagern, dass zwischen ihnen keine leeren Räume blieben, nicht aber krummflächige, sie müssten denn ganz sonderbar gestaltet sein.

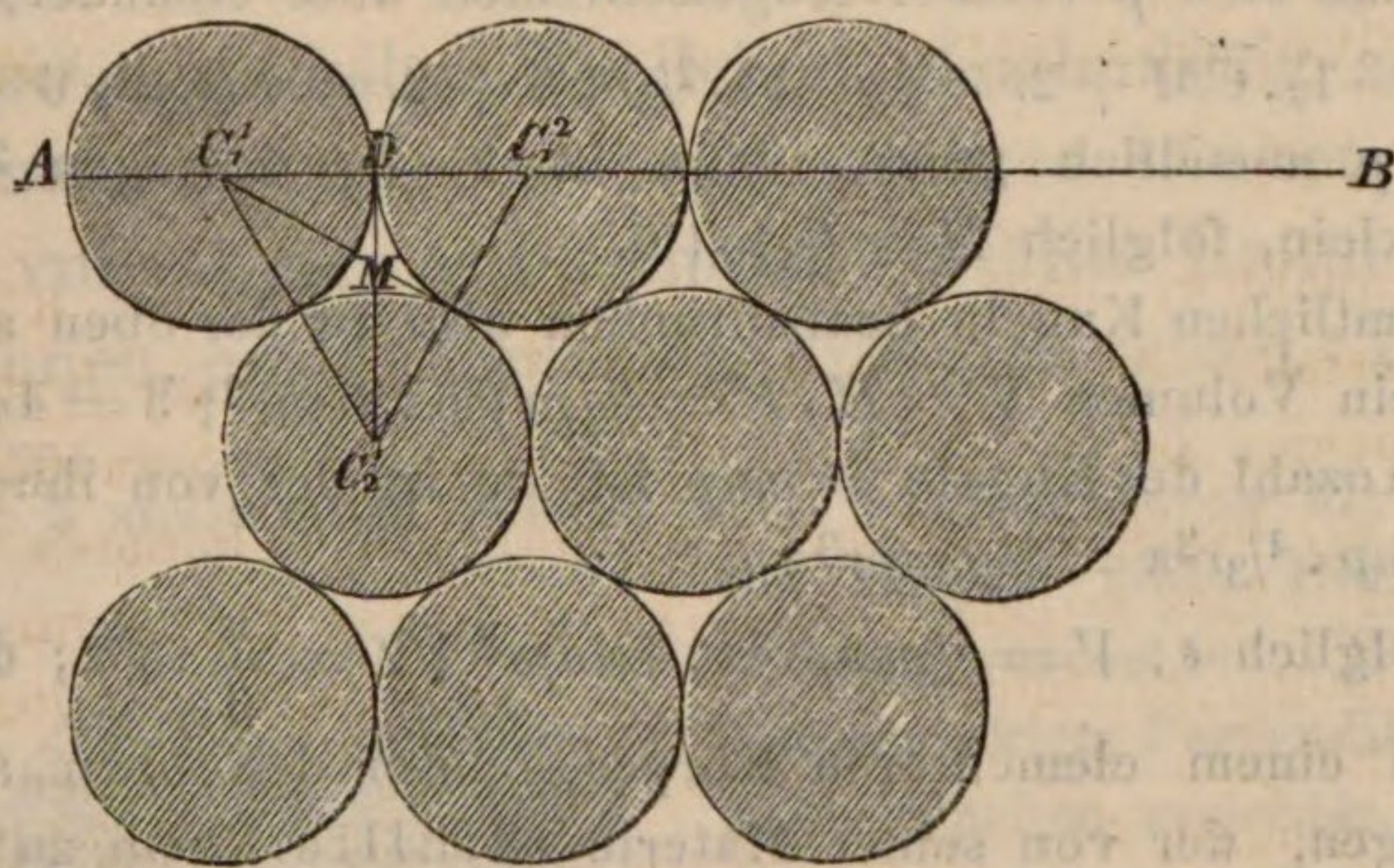
**) Die Annahme der Kugelgestalt bei den materiellen Theilchen verdient schon deshalb vor jeder andern den Vorzug, weil sie von der Voraussetzung ausgeht, dass die Ausdehnung der materiellen Theilchen nach allen Richtungen hin gleichmässig berücksichtigt, oder mit andern Worten, nach keiner Richtung hin bevorzugt worden sei. Und besitzen nicht auch die Himmelskörper Gestalten, welche der Kugelgestalt wenigstens sehr nahe kommen oder doch mit ihr in naher Beziehung stehen? — Dass man sich von der Krystallform der Körper durchaus keinen Schluss auf die Gestalt ihrer materiellen Theilchen erlauben darf noch kann, sei hier nur beiläufig oder vielmehr vorläufig bemerkt.

denken, weil ich nicht zu fürchten brauche, dass die im Folgenden gewonnenen Zahlen für das specifische Gewicht der Materie minder hoch ausfallen würden, wenn die Einfachheit unserer s. g. Elemente endlich in der That eine Widerlegung finden sollte.

Unter Zugrundelegung dieser Annahmen würde für den Fall, dass die unter einander gleichen, kugelförmigen Theilchen eines Körpers so an einander gelagert wären, dass sie den möglich geringsten Raum einnehmen, sich das Verhältniss vom erfüllten Raume zum ganzen Volumen des Körpers berechnen wie $1 : 1,350474$ *).

*) Man denke sich auf einer ebenen Fläche n gleiche Kugeln in einer Reihe so an einander gelegt, dass ihre Mittelpunkte sämmtlich in der Geraden AB liegen, hierauf eben so n andere Kugeln von derselben Grösse in einer zweiten Reihe, welche in die erste möglichst tief eingreift und eng sich ihr anschliesst, so dass jede Kugel der zweiten Reihe zwei Kugeln der ersten Reihe berührt (natürlich mit Ausnahme der ersten oder letzten); ebenso denke man sich eine 3te, 4te mte Reihe. Fig. 1 stellt einen Schnitt dar, welcher durch die Mittelpunkte der so angeordneten Kugeln geführt worden ist.

Fig. 1.



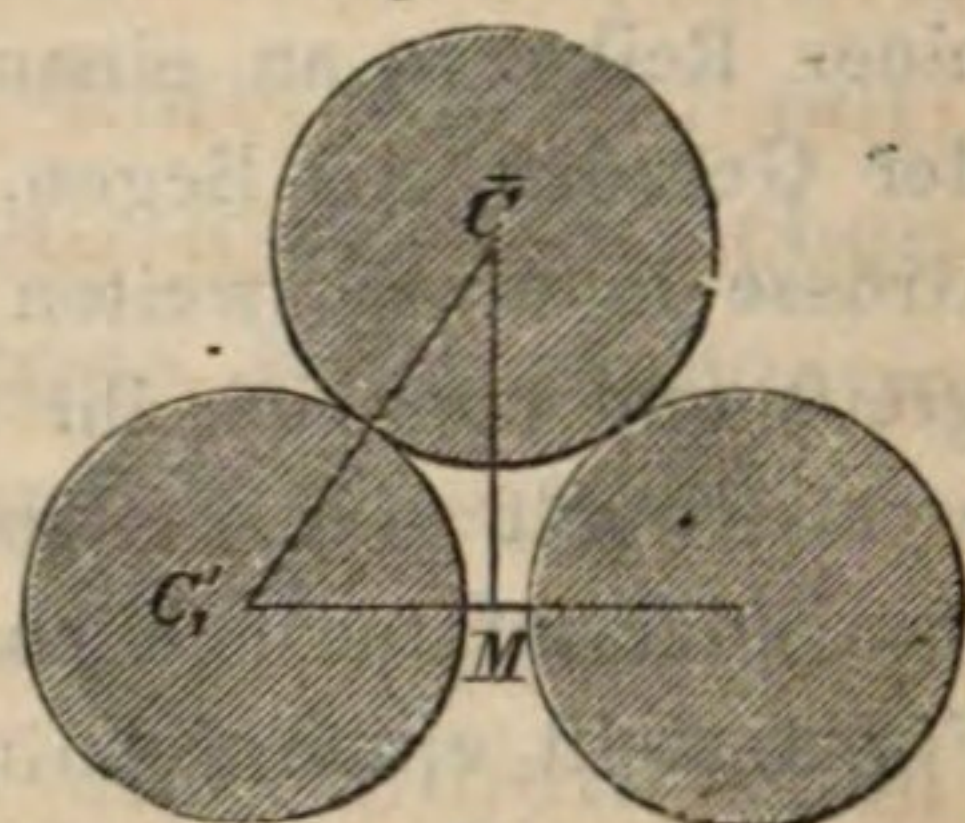
Setzen wir den Kugelhalbmesser $= r$, so ist, wie sich aus der Figur leicht ergibt, $DC'_2 = r\sqrt{3}$. Die m Reihen von je n Kugeln erfordern demnach zu ihrer angegebenen Anordnung eine Fläche, deren Länge $L = 2nr$ und deren Breite $B = (m-1)r\sqrt{3} + 2r = r(m\sqrt{3} + 2 - \sqrt{3})$ ist. Denkt man sich nun die Kugeln, folglich auch r verschwindend klein, dagegen m unendlich gross, so kann man die Breite $B = mr\sqrt{3}$ setzen, weil $2 - \sqrt{3}$ gegen $m\sqrt{3}$ verschwindend klein wird. Demnach ist die erforderliche Fläche $F = L \cdot B = 2nr \cdot mr\sqrt{3} = 2mnr^2 \sqrt{3}$.

Es muss also das spec. Gew. der Materie 1,350474-mal grösser sein als das specifische Gewicht eines elementaren Körpers, der seine höchst mögliche Dichtigkeit erreicht hätte, d. h. als das specifische Gewicht eines Körpers, dessen unter einander gleiche, kugelförmige materielle Theilchen das möglich geringste Volumen einnehmen. — In den folgenden Betrachtungen, resp. Berechnungen wollen wir

Legt man auf diese erste Kugelschicht eine zweite Schicht von Kugeln mit ganz gleichem Radius ($=r$) so, dass jede derselben auf drei Kugeln der ersten Schicht zu ruhen kommt, so berühren die Kugeln der zweiten Schicht einander ganz in derselben Weise, wie die der ersten, und durch ihre Mittelpunkte lässt sich ein Schnitt führen, welcher mit der vorhin erwähnten Schnittfläche der ersten Schicht parallel ist. — Eine

Kugel $\bar{C}$ (Fig. 2), welche auf den Kugeln C'_1 , C'_2 und C'_3 (Fig. 1) ruht, hat ihren Mittelpunkt, $\bar{C}$, in der auf C'_1, C'_2, C'_3 im Punkte M errichteten Normalen. Die Verbindungslinie $C'_1 \bar{C}$ (Fig. 2) ist $= 2r$; $C'_1 M$ (Fig. 1) $= \frac{2}{3} DC'_2 = \frac{2}{3} r \sqrt{3}$. In dem rechtwinkligen Dreiecke $C'_1 M \bar{C}$ (Fig. 2) ist folglich $\bar{C}M = \sqrt{(4r^2 - \frac{4}{3}r^2)} = r \sqrt{\frac{8}{3}} = \frac{2}{3} r \sqrt{6}$.

Fig. 2.



Denkt man sich p solcher Kugelschichten über einander, so ist ihre Höhe $H = (p-1) \cdot \bar{C}M + 2r = (p-1) \cdot \frac{2}{3} r \sqrt{6} + 2r = r (\frac{2}{3} p \sqrt{6} + 2 - \frac{2}{3} \sqrt{6})$. Es sei nun p unendlich gross, dann ist $2 - \frac{2}{3} \sqrt{6}$ gegen $\frac{2}{3} p \sqrt{6}$ verschwindend klein, folglich $H = \frac{2}{3} p r \sqrt{6}$.

Die sämtlichen Kugeln beanspruchen also zu der oben angegebenen Anordnung ein Volumen $V = H \cdot F = \frac{2}{3} p r \sqrt{6} \cdot 2mn r^2 \sqrt{3} = 4mnpr^3 \sqrt{2}$.

Da die Anzahl der Kugeln $= mnp$ ist, so ist der von ihnen erfüllte Raum $\varepsilon = mnp \cdot \frac{4}{3} r^3 \pi = \frac{4}{3} mnpr^3 \pi$.

Es ist folglich $\varepsilon : V = \frac{4}{3} mnpr^3 \pi : 4mnpr^3 \sqrt{2} = \frac{\pi}{3} : \sqrt{2}$; d. h. es verhält sich bei einem elementaren Körper, unter den oben angegebenen Voraussetzungen, der von seiner Materie erfüllte Raum zu seinem Volumen wie $\frac{\pi}{3} : \sqrt{2} = 1 : 1,350474$.

Bezeichnen wir ferner den leeren Raum mit $\lambda = V - \varepsilon$, so folgt:

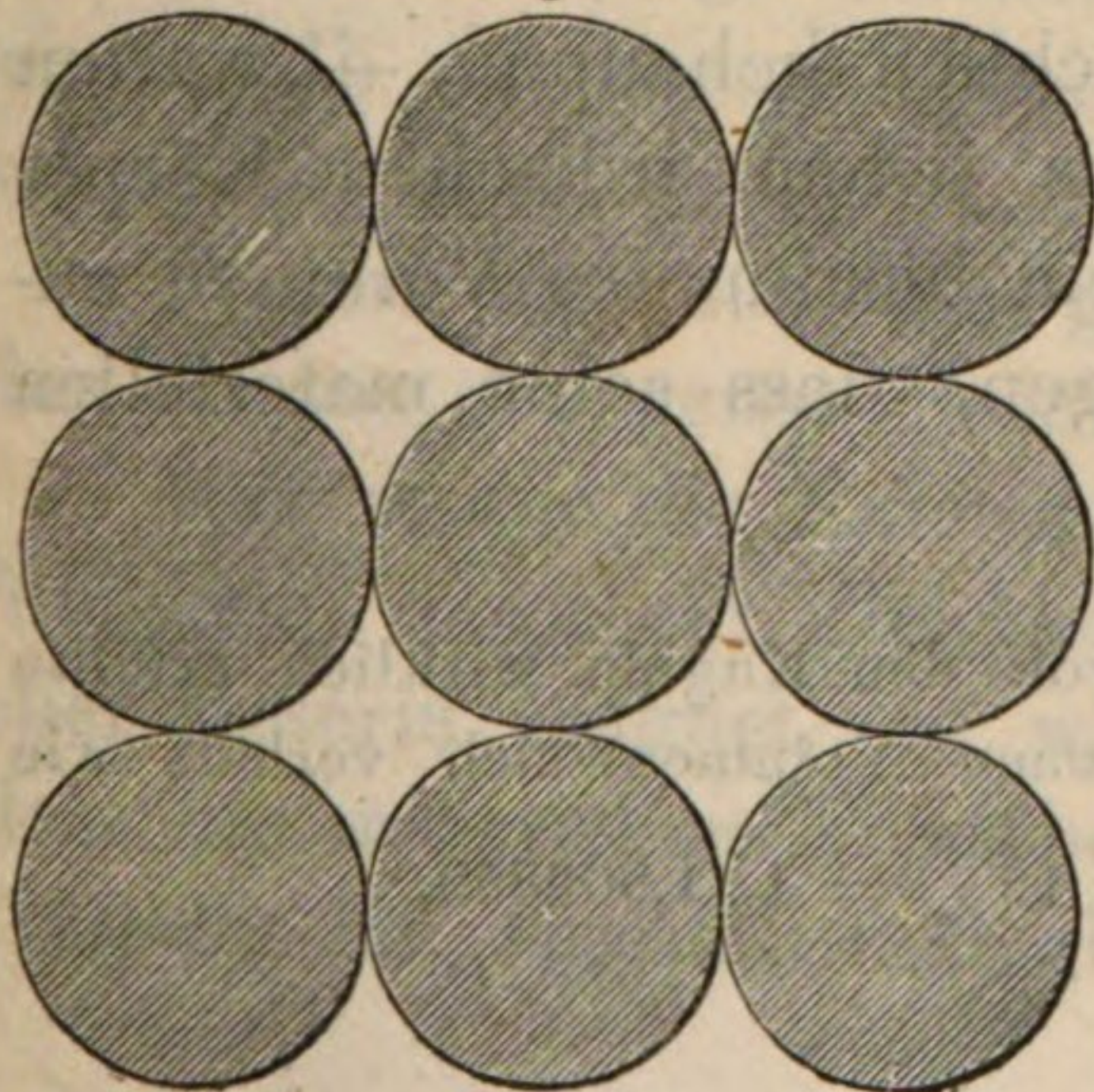
$$\begin{aligned} \varepsilon : \lambda : V &= \frac{\pi}{3} : \sqrt{2} - \frac{\pi}{3} : \sqrt{2} \\ &= \pi : 3\sqrt{2} - \pi : 3\sqrt{2} \\ &= 1 : \frac{3\sqrt{2}}{\pi} - 1 : \frac{3\sqrt{2}}{\pi} \\ &= 1 : 0,350474 : 1,350474. \end{aligned}$$

Platin und Iridium vom specifischen Gewichte 23 gänzlich aus dem Spiele lassen, weil man sonst den Einwand erheben könnte, das von Cloud untersuchte Platin sei iridiumhaltig und das von Breithaupt und G. Rose untersuchte Iridium platinhaltig, beide Körper also keine Elemente, sondern chemische Verbindungen gewesen u. s. w. Wir legen daher das specifische Gewicht 21,11 zu Grunde, welches Prof. Boedeker für das künstlich krystallisirte Iridium gefunden hat. Hieraus würde sich, unter den oben angegebenen Voraussetzungen, das specifische Gewicht der Materie berechnen zu $21,11 \cdot 1,350474 = 28,51$.

Dass indess beim künstlich krystallisirten Iridium wirklich eine derartige Aneinanderlagerung seiner materiellen Theilchen, wie oben vorausgesetzt wurde, stattfindet, ist eine Annahme, deren Unrichtigkeit nicht erst bewiesen zu werden braucht, deren Unzulässigkeit vielmehr sofort einleuchtet. Denn vorerst fehlt ihr der Nachweis, dass dieser Körper bei Temperaturerniedrigung in der That keiner Volumenverminderung mehr fähig wäre; sodann würde durch sie das künstlich krystallisirte Iridium als ein ganz exceptioneller Körper hingestellt werden.

Denken wir uns ferner die unter einander gleichen, kugelförmigen materiellen Theilchen gleichmässig so vertheilt, dass sie einander nur eben noch berühren können, so verhält sich der von ihnen vollkommen erfüllte Raum zum ganzen von ihnen eingenommenen Volumen wie $1 : 1,909859$ *).

*) Fig. 3 stellt einen Schnitt vor, welcher durch die Mittelpunkte der Kugeln einer Horizontalschicht geführt worden ist. Werden in den Mittelpunkten Perpendikel auf diese Schnittflächen errichtet, so liegen in ihnen die Mittelpunkte von den Kugeln der darüber liegenden Schichten.



Würden nun durch die Berührungspunkte dieser Kugeln alle möglichen Ebenen gelegt, so würden sie den ganzen Raum in lauter gleiche Würfel theilen. Da die Seite eines solchen Würfels $2r$ beträgt, so ist der Rauminhalt desselben $= 8r^3$, der Kugelinhalt dagegen nur $= \frac{4}{3}r^3\pi$. Dar-

Besässe nun das künstlich krystallisirte Iridium in der That eine derartige Raumerfüllung, so wäre das specifische Gewicht der Materie $= 21,11 \cdot 1,909859 = 40,32$.

Sind wir nun aber vielleicht jetzt an einer Grenze angelangt, die wir nicht mehr überschreiten dürfen? Ja, nöthigt uns vielleicht ein hinreichender Grund zu der Annahme, dass die materiellen Theilchen des Iridiums oder überhaupt irgend eines Körpers an einander gelagert sein oder doch wenigstens einander irgendwie berühren müssen? Ich finde keinen. Denn einmal würde eine etwaige Ansicht, dass die materiellen Theilchen durch ihre Aneinanderlagerung oder gegenseitige Berührung einander tragen oder stützen müssten, zu sehr an die Ansicht der Völker des Alterthums erinnern, die da meinten, die Erde müsse, um nicht zu sinken, auf einem Fundamente ruhen u. s. w., und würde zudem nur auf einige wenige Elemente, nämlich die schwersten Metalle, nicht aber auch auf die übrigen eine Anwendung finden können. Sodann müssen die Chemiker auch die Ansicht, dass die materiellen Theilchen ihre chemische Anziehung (oder überhaupt moleculare Attraction) nur bei unmittelbarer Berührung äussern könnten, als eine völlig haltlose gänzlich fahren lassen; denn was Anderes könnte die vorher getrennten materiellen Theilchen einander bis zur Berührung nahe bringen, wenn nicht eben ihre gegenseitigen Fernwirkungen? — Da das Planetensystem trotz der verhältnissmässig ausserordentlich grossen Entfernungen seiner Theile von einander, also trotz des gänzlichen Mangels gegenseitiger Berührung derselben den von ihm eingenommenen Raum oder, so zu sagen, sein Volumen zu behaupten vermag und thatsächlich behauptet, — warum sollte uns die Erscheinung, dass jedem irdischen Körper unter bestimmten Verhältnissen ein bestimmtes Volumen zukommt, zu der Annahme nöthigen, dass seine materiellen

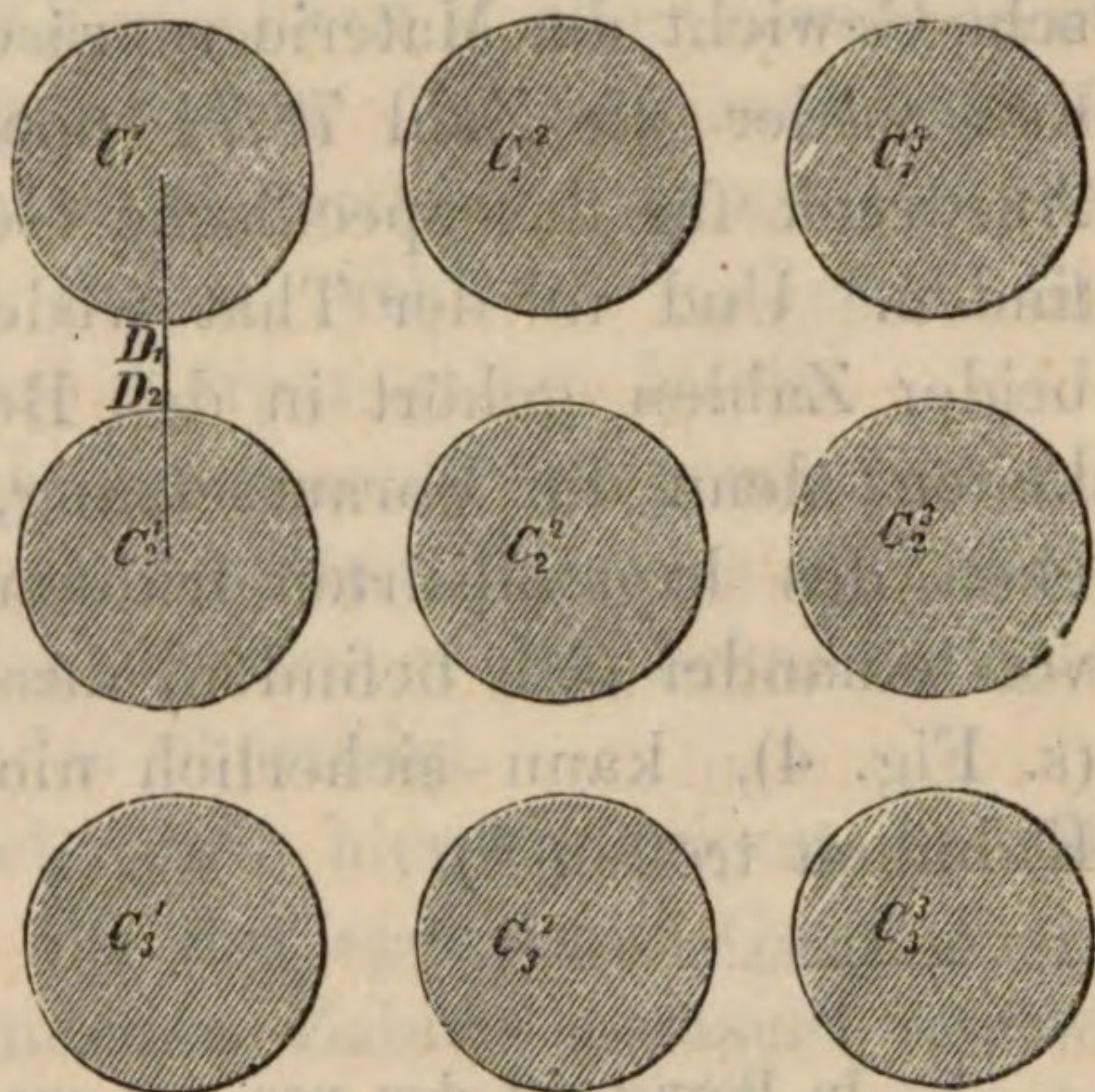
aus folgt nun ganz leicht, dass der von den Kugeln wirklich erfüllte Raum zu dem von ihnen eingenommenen Volumen sich verhält wie $\frac{4}{3}r^3\pi : 8r^3$, d. h. es ist $\varepsilon : V = \pi : 6 = 1 : \frac{6}{\pi} = 1 : 1,909859$.

Theilchen sich nicht in gewissen Entfernungen von einander befinden könnten, sondern einander berühren müssten?

Nehmen wir denn an, dass im künstlich krystallisirten Iridium die materiellen Theilchen in solchen Entfernungen von einander sich befinden, dass jedem derselben ein Volumen zu komme von dem Rauminhalte eines Würfels, dessen Seite $= 2\frac{1}{2}r$, dass

folglich die kleinste Entfernung zweier benachbarten Theilchen, $D_1 D_2 = \frac{1}{2}r$ ist (s. Fig. 4), so wäre das Verhältniss vom erfüllten Raume zum Volumen des Iridiums, d. h. $\varepsilon : V = \frac{4}{3}r^3 \pi : (\frac{5}{2}r)^3 = 1 : 3,730193$, mithin das specifische Gewicht der Materie $= 21,11 \cdot 3,730193 = 78,74$.

Fig. 4.



Setzt man dagegen die Entfernung $D_1 D_2 = r$, so ist $\varepsilon : V = \frac{4}{3}r^3 \pi : (3r)^3 = 1 : 6,445774$, mithin das specifische Gewicht der Materie $= 21,11 \cdot 6,445774 = 136,07$.

Damit jedoch unsere Vorstellung von dem Innern des künstlich krystallisirten Iridiums in ihren Voraussetzungen bescheidene Grenzen nicht überschreite, wollen wir hier keine grössere Entfernung seiner materiellen Theilchen von einander annehmen; denn schon die unter diesen bescheidenen Voraussetzungen gewonnenen Zahlen für das specifische Gewicht der Materie dürften vielleicht Manchem als bereits ausserhalb der Grenzen der Wahrscheinlichkeit liegend erscheinen.

Fassen wir nun die gemachten Voraussetzungen mit den daraus gezogenen Resultaten noch kurz zusammen!

Wer weder die Existenz der Materie als eines Raumerfüllenden, noch ein gleiches Beharrungsvermögen sämtlicher Materie leugnet, so wie ferner nicht in Abrede stellt, dass die materiellen Theilchen des künstlich krystallisirten Iridiums Kugelgestalt und gleiche Grösse besitzen, der muss

den vorausgegangenen Berechnungen zufolge auch zugeben, dass das specifische Gewicht der Materie die Zahl 28,51 überschreitet. — Diejenigen Naturforscher, welche auch beim krystallisirten Iridium die Möglichkeit einer gegenseitigen Berührung der materiellen Theilchen nicht zugeben, müssen die Zahl 40,32, eben weil sie eine solche Berührung voraussetzt, als noch zu niedrig betrachten, um das specifische Gewicht der Materie repräsentiren zu können, und werden weder die Zahl 78,74 noch auch die Zahl 136,07 als Ausdruck für das specifische Gewicht der Materie zu hoch finden. Und in der That weder die eine noch die andere beider Zahlen gehört in den Bereich der Unwahrscheinlichkeiten; denn die Voraussetzung, dass die materiellen Theilchen des krystallisirten Iridiums in solchen Entfernungen von einander sich befinden, dass $D_1 D_2 = \frac{1}{2}r$ oder $= r$ sei (s. Fig. 4), kann sicherlich nicht der Vorwurf zu grosser Kühnheit treffen *).

*) In Bezug auf den von uns zur Bestimmung des specifischen Gewichtes der Materie eingeschlagenen Weg kann ich nicht unterlassen zu bemerken, dass derselbe, sobald man in den Voraussetzungen kein Maass zu halten versteht, ins Endlose fortführt. Denn je grösser die Entfernung der materiellen Theilchen des Iridiums im Verhältnisse zu deren Durchmesser angenommen wird, desto grösser berechnet sich ganz natürlich das specifische Gewicht der Materie. Wer nun seiner Phantasie gar keine Grenze zu stecken weiss, gelangt endlich zu dem Resultate, dass das specifische Gewicht, mithin auch die (relative) Dichtigkeit und die Attractivkraft der Materie unendlich gross, dagegen das Volumen der materiellen Theilchen unendlich klein sei. In der That haben auch bereits Naturforscher die Idee ausgesprochen, dass die Dichtigkeit der materiellen Theilchen als unendlich gross, das Volumen derselben dagegen als unendlich klein angenommen werden müsse. — Eines je grösseren Ansehens sich ein Naturforscher bei seinen Zeitgenossen erfreut, eine desto grössere und nicht selten ungebührlich grosse Tragweite wird einer s. g. kühnen Idee, die aus seinem Munde kommt, beigelegt, indem man nur zu häufig vergisst oder ignorirt, dass auch einem grossen Geiste zu einem gleichmässig tiefen Nachdenken über alle Fundamentalfragen im Gebiete der Naturwissenschaft Zeit oder Veranlassung habe fehlen, oder auch ihm etwas Menschliches habe begegnen können. — Nimmt nun Jemand jenen Ausspruch, dass die materiellen Theilchen einerseits eine unendlich grosse Dichtigkeit, andererseits ein unendlich kleines Vo-

Der Ableitung der obigen Zahlen für das specifische Gewicht der Materie lag noch die Voraussetzung zu Grunde, dass unsere s. g. Elemente in der That chemisch einfache Körper sind. Gesetzt nun aber, dieselben seien noch weiter aus ungleichartigen Bestandtheilen zusammengesetzt, so würde sich, wie wir später zu zeigen gedenken, das specifische Gewicht der Materie noch höher herausstellen, als die angenommene chemische Einfachheit unserer Elemente zu folgern gestattet. So lange indess die zusammengesetzte Natur derselben nicht thatsächlich erwiesen ist, müssen wir, um den wissenschaftlichen Boden nicht zu verlieren, sie noch als wirklich elementare Körper gelten lassen.

So viel darf indess nach den vorausgegangenen Betrachtungen als sicher angenommen werden, dass das specifische Gewicht der Materie das der schwersten uns bekannten Metalle um ein sehr Bedeutendes übersteigt.

Es bleibt uns nun noch übrig hier zu zeigen, welche Anwendung von den oben für das specifische Gewicht der Materie hypothetisch gefundenen Zahlen gemacht werden kann, um durch sie mit Hülfe der specifischen Gewichte der Körper eine, wenn auch immerhin nur im Allgemeinen richtige, aber in Betreff der absoluten Zahlenwerthe und der absoluten Dimensionen nur hypothetisch gültige Vorstellung von der Erfüllungsweise der Körper zu gewinnen. Es wird

lumen besitzen, als volle Wahrheit hin und erlaubt sich noch den bei philosophischen Beweisführungen beliebten Sprung vom unendlich Grossen zum absolut Grossen, so wie vom unendlich Kleinen zum absolut Kleinen, so gelangt er sofort zu dem Resultate, dass die materiellen Theilchen keine Ausdehnung besitzen, mithin die Materie als Raumerfüllendes nicht gedacht werden, folglich auch nicht existiren könne, und man sich die materiellen Theilchen wegen ihrer unendlich oder absolut grossen Dichtigkeit als blosse Kraftpunkte von unendlich oder absolut grosser Intensität der Anziehung vorzustellen habe. Zu solchem Resultate sind denn in der angegebenen Weise auch selbst wieder Naturforscher gelangt. Ihr Raisonement hat natürlich für denjenigen keine Beweiskraft, welcher sieht, dass in den Prämissen, aus denen jener obige Ausspruch hervorgegangen, das zu Beweisende (bei Gestattung des Sprungs vom unendlich Grossen zum absolut Grossen u. s. w.) schon als bewiesen vorausgesetzt ist.

sich zeigen, wie vorzüglich das specifische Gewicht der Körper geeignet ist, in uns eine derartige Vorstellung sofort hervorzurufen, ohne dass von unserer Seite erst eine grosse Uebung hiezu erforderlich wäre.

Das Verhältniss vom erfüllten zum leeren Raume in den Körpern wird (s. S. 50) ausgedrückt durch: $\varepsilon : \lambda = s : S - s$. Der hieraus sich ergebende Quotient $\frac{\lambda}{\varepsilon} = \frac{S-s}{s} = \frac{S}{s} - 1$ zeigt an, wie vielmal der leere Raum in einem Körper grösser ist als der erfüllte.

Wir wollen nun unter Zugrundelegung der Zahlen 40,32, 78,74, 136,07 für das specifische Gewicht der Materie den Quotienten $\frac{\lambda}{\varepsilon}$ für Körper, deren specifisches Gewicht sich in ganzen Zahlen (von 1 bis 20) ausdrücken lässt, berechnen und zur leichteren Uebersicht in folgender Tabelle zusammenstellen.

Tabelle 1.Für das spec. Gew. der Materie oder $S =$

Spec. Gew. der Körper oder $s =$	40,32 ist $\frac{\lambda}{\varepsilon} =$	78,74 ist $\frac{\lambda}{\varepsilon} =$	136,07 ist $\frac{\lambda}{\varepsilon} =$
1	39,32	77,74	135,07
2	19,16	38,37	67,04
3	12,44	25,25	44,36
4	9,08	18,69	33,02
5	7,06	14,75	26,21
6	5,72	12,12	21,68
7	4,76	10,25	18,44
8	4,04	8,84	16,01
9	3,48	7,75	14,12
10	3,03	6,87	12,61
11	2,67	6,16	11,37
12	2,36	5,56	10,34
13	2,10	5,06	9,47
14	1,88	4,62	8,72
15	1,69	4,25	8,07
16	1,52	3,92	7,50
17	1,37	3,63	7,00
18	1,24	3,37	6,56
19	1,12	3,14	6,16
20	1,02	2,94	5,80

Die in vorstehender Tabelle enthaltenen Zahlen, welche nur das Verhältniss des erfüllten Raumes zum leeren ausdrücken, sind stets zu gross, als dass sie die durchschnittliche kleinste Distanz, δ , oder Entfernung zweier benachbarten Theilchen repräsentiren könnten. Wer dieses nicht gehörig berücksichtigte, in dem dürften die gewonnenen Zahlen das Bedenken erregen, ob wir uns die leeren Räume der Körper im Verhältnisse zu den erfüllten doch nicht etwa viel zu gross vorstellten. Dieses Bedenken wird aber sofort auf ein bedeutend geringeres Maass zurückgeführt oder vielmehr gänzlich zum Verschwinden gebracht, wenn man diese

erstere Tabelle mit der folgenden vergleicht. In ihr findet sich nämlich $\delta = D_1 D_2$ (s. Fig. 4), oder die kleinste durchschnittliche Entfernung je zweier benachbarten Theilchen für verschiedene specifische Gewichte der Materie und der (elementaren) Körper angegeben. Als Maasseinheit ist der Radius gewählt, also $r = 1$ gesetzt *). Die durchschnittliche Entfernung der Mittelpunkte zweier benachbarten Theilchen, also $C_1 C_2$ (s. Fig. 4), wird gefunden, wenn man den in der Tabelle gefundenen Werth um 2 vergrössert, denn $C_1 C_2 = D_1 D_2 + 2r = (\delta + 2)r$.

*) Um eine Relation zwischen dem specifischen Gewichte der Materie, dem specifischen Gewichte der elementaren Körper und der Entfernung der kugeligen materiellen Theilchen zu gewinnen, sei r der Halbmesser eines solchen Theilchens, nr die Seite eines Würfels, welcher den vom ganzen Volumen des Körpers jenem Theilchen zukommenden Rauminhalt repräsentirt. Weil nun der Inhalt eines kugeligen Theilchens $= \frac{4}{3}r^3\pi$ und der des betreffenden Würfels $= n^3 r^3$ ist, so folgt:

$$\frac{4}{3}r^3\pi : n^3 r^3 = s : S$$

$$\frac{4}{3}\pi : n^3 = s : S$$

$$n = \sqrt[3]{\frac{4\pi}{3}} \cdot \sqrt[3]{\frac{S}{s}}$$

$$\log n = 0,2073629 + \frac{1}{3}(\log S - \log s)$$

$$\delta = n - 2.$$

Tabelle 2.Für das spec. Gew. der Materie oder $S =$

Spec. Gew. der Körper oder $s =$	40,32 ist $\delta =$	78,74 ist $\delta =$	136,07 ist $\delta =$
0,5	4,964	6,705	8,446
1	3,527	4,909	6,291
2	2,387	3,484	4,581
3	1,833	2,791	3,749
4	1,482	2,353	3,223
5	1,232	2,041	2,849
6	1,042	1,802	2,563
7	0,890	1,612	2,334
8	0,764	1,455	2,146
9	0,657	1,322	1,986
10	0,566	1,207	1,848
11	0,485	1,107	1,728
12	0,414	1,018	1,622
13	0,351	0,938	1,526
14	0,293	0,867	1,440
15	0,241	0,802	1,362
16	0,194	0,742	1,290
17	0,150	0,687	1,225
18	0,109	0,636	1,164
19	0,071	0,589	1,107
20	0,036	0,545	1,055

Für $S = 136,07$ und $s = 1$ ist nach der ersten Tabelle $\frac{\lambda}{s} = 135,07$, d. h. der leere Raum 135,07-mal grösser als der erfüllte, dagegen ist nach der zweiten Tabelle δ oder $D_1 D_2$ nur $= 6,291 \cdot r$ ($= 3,146$ Durchmesser), und also $C_1 C_2 = 8,291 \cdot r$ ($= 4,146$ Durchmesser). — In Brom, dessen specifisches Gewicht ungefähr $= 3$ ist, muss nach der ersten Tabelle für $S = 136,07$ der leere Raum zwar 44,36-mal grösser als der erfüllte, dagegen nach der zweiten Tabelle die kleinste durchschnittliche Entfernung zweier benachbarten materiellen Theilchen oder $D_1 D_2$ nur $= 3,749 \cdot r$

(= 1,875 Durchmesser), also $C_1 C_2 = 5,749 \cdot r$ (= 2,875 Durchmesser) sein. Ob eine solche durchschnittliche Entfernung der materiellen Theilchen im tropfbarflüssigen Brom als zu gross und deshalb als unwahrscheinlich zu betrachten sei, dürfte sehr in Zweifel gezogen und eher das Gegentheil vermuthet werden *).

Die beiden vorstehenden Tabellen gelten nur für den Fall, wo das specifische Gewicht des Wassers = 1 gesetzt ist, also nur für feste und tropfbarflüssige elementare Körper. Bei den gas- und dampfförmigen dagegen bezieht sich das specifische Gewicht, s' , auf atmosphärische Luft als Einheit, welche 773,283-mal leichter als Wasser ist. Wir wollen nun in folgender Tabelle die verschiedenen Werthe des Quotienten $\frac{\lambda}{\varepsilon}$ auch für einige Gase und Dämpfe, nämlich für Wasserstoffgas (H), Stickstoffgas (N), Sauerstoffgas (O), Chlorgas (Cl), Bromdampf (Br) und Joddampf (J) zusammenstellen **).

Tabelle 3.

Für das spec. Gew. der Materie (Wasser = 1), also $S =$

Zeichen.	Gase u. Dämpfe. Spec. Gew. (Luft = 1)	40,32 ist $\frac{\lambda}{\varepsilon} =$	78,74 ist $\frac{\lambda}{\varepsilon} =$	136,07 ist $\frac{\lambda}{\varepsilon} =$
H	0,0692	450527,1	879937,0	1520531,5
N	0,9713	32096,8	62689,9	108328,9
O	1,105643	28196,7	55072,6	95166,1
Cl	2,44	12776,3	24954,6	43122,3
Br	5,54	5626,5	10990,3	18991,9
J	8,716	3575,9	6985,2	12071,2

*) Vergleicht man die in der zweiten Tabelle zusammengestellten Resultate unter einander und zugleich mit den Cohäsionserscheinungen u. s. w. unserer s. g. Elemente, so regt eine solche Vergleichung allerlei Betrachtungen an und erweckt gegen die einfache Natur unserer chemischen Elemente bereits mancherlei Bedenken. Davon jedoch ein Weiteres erst in einem späteren Werke.

**) Es ist (s. S. 55): $\varepsilon : \lambda = s' : 773,283 S - s'$
folglich $\frac{\lambda}{\varepsilon} = \frac{773,283 S - s'}{s'} = \frac{773,283 S}{s'} - 1$

Diese grossen Zahlenwerthe für den Quotienten $\frac{\lambda}{s}$ dürften Einigen auf den ersten Blick vielleicht als mit der Wirklichkeit nicht übereinstimmend erscheinen; dieses Bedenken wird aber bei einer Vergleichung mit den entsprechenden Werthen für die kleinste Entfernung der materiellen Theilchen *), wie sie folgende Tabelle enthält, sofort verschwinden.

Tabelle 4.

Für das spec. G. der Materie (Wasser = 1), also $S =$

Zeichen.	Gase u. Dämpfe. Spec. G. (Luft = 1)	40,32 ist $\delta =$	78,74 ist $\delta =$	136,07 ist $\delta =$
H	0,0692	121,58	152,47	183,37
N	0,9713	49,23	62,04	74,84
O	1,105643	47,06	59,33	71,60
Cl	2,44	35,69	45,11	54,53
Br	5,54	26,67	33,84	41,01
J	8,716	22,65	28,82	34,98

Wie S. 33 angeführt worden ist, bleibt das Mariotte'sche Gesetz bei atmosphärischer Luft, welche aus Stickstoffgas und Sauerstoffgas besteht, selbst bei einem Drucke von 100 Atmosphären, d. h. bei einem Drucke einer Quecksilbersäule von etwa 233 Fuss Höhe, noch gültig; und wir dürfen wohl annehmen, dass jenes Gesetz auch beim Wasserstoffgase, dem leichtesten aller Körper, keine Ausnahme erleidet. Unter diesem ungeheuren Drucke ist also das Volumen dieser Gase nur noch der 100ste Theil ihres gewöhnlichen und demnach ihr specifisches Gewicht 100-mal

*) Nach S. 66 Anm. ist $\frac{4}{3}\pi : n^3 = s : S$; setzen wir nun $s = \frac{s'}{773,283}$,

so ist $\frac{4}{3}\pi : n^3 = \frac{s'}{773,283} : S$

$$n = \sqrt[3]{\frac{4\pi \cdot 773,283}{3}} \cdot \sqrt[3]{\frac{S}{s'}}$$

$$\log n = 1,1701424 + \frac{1}{3}(\log S - \log s')$$

$$\delta = n - 2.$$

grösser als bei einem Drucke von 1 Atmosphäre. Stellen wir nun noch die Werthe des Quotienten $\frac{\lambda}{\varepsilon}$ und die der kleinsten Entfernung der materiellen Theilchen, δ , für Wasserstoffgas, Stickstoffgas und Sauerstoffgas, wenn sie jenem grossen Drucke unterworfen sind, in folgender Tabelle zusammen!

Tabelle 5.

Für das spec. G. der Materie (Wasser = 1), also $S =$

Zeichen.	Gase. (Druck = 100 At.). Spec. Gew. (Luft = 1)	40,32 ist $\frac{\lambda}{\varepsilon} =$	78,74 ist $\frac{\lambda}{\varepsilon} =$	136,07 ist $\frac{\lambda}{\varepsilon} =$
H	6,92	4504,3	8798,4	15204,3
N	97,13	320,0	625,9	1082,3
O	110,56	281,0	549,7	950,7
		$\delta =$	$\delta =$	$\delta =$
H	6,92	24,62	31,28	37,94
N	97,13	9,04	11,80	14,56
O	110,56	8,57	11,21	13,86

Nehmen wir also das specifische Gewicht der Materie auch zu 136,07 an, so berechnet sich für diese stark comprimierten Gase, Sauerstoff, Stickstoff und Wasserstoff, die kleinste Entfernung ihrer materiellen Theilchen oder $D_1 D_2$ (s. Fig. 4) nicht höher als resp. 13,86, 14,56 und 37,94 Halbmesser, also ihre Centraldistanz oder $C'_1 C'_2$ nicht höher als resp. 7,93, 8,28 und 19,97 Durchmesser. Ob solche Entfernungen der materiellen Theilchen für Körper, welche noch Gasform behaupten, wie dies bei den eben angeführten, wenngleich sehr stark comprimierten Gasen in der That der Fall ist, als zu gross erscheinen und deshalb als unwahrscheinlich gelten müssen, dürfte sicherlich sehr zu bezweifeln sein.

Mögen wir nun das specifische Gewicht der Materie aber auch nur zu 78,74 und selbst noch geringer annehmen, immerhin bleibt doch nach den vorausgegangenen Betrachtungen so viel noch als entschieden sicher bestehen, dass

nicht nur in den gasförmigen, sondern auch in den allermeisten tropfbarflüssigen und festen Körpern der leere Raum um ein sehr Bedeutendes grösser ist als der erfüllte.

Ich lasse hier die Frage nach dem specifischen Gewichte der Materie fallen, um sie bei einer andern Gelegenheit wieder aufzunehmen. Nur folgende Bemerkung will ich mir hier noch gestatten.

Man könnte nämlich meinen, dass vor Allem der Attractionscalcül dazu berufen sei, jene Frage nach dem specifischen Gewichte der Materie zu einer Entscheidung zu bringen. Indess dürften hiegegen wohl einige gerechte Zweifel zu erheben sein. Denn der Attractionscalcül betrachtet, ganz unbekümmert darum, ob die Materie ein Raumerfüllendes sei oder nicht, dieselbe nur in Hinsicht auf die ihr innewohnende Attractiv- oder Anziehungskraft und abstrahirt von dem Raume, welchen sie einnimmt oder erfüllt so gänzlich, dass er z. B. die Bewegung eines Himmelskörpers in der Weise berechnet, als wäre dessen gesammte Anziehungskraft in einem mathematischen Punkte, der mit dem Schwerpunkte jenes Körpers zusammenfällt, vereinigt, indem er für die unendlich vielen Anziehungen der unendlich vielen Theilchen desselben die aus ihnen Resultirende setzt, was er nach den Gesetzen der Mechanik sich nicht bloss erlauben darf, sondern zur wirklichen Ausführung seiner Berechnungen sich sogar erlauben muss. Für den Attractionscalcül können demnach die Himmelskörper, so wie die materiellen Theilchen als blosse Kraftpunkte, begabt mit verschiedener Anziehungsintensität angesehen werden, ohne dass dadurch der Richtigkeit seiner Berechnungen Eintrag geschieht *). Dieser Umstand berechtigt uns jedenfalls zu

*) Wollte man indess umgekehrt aus der Richtigkeit dieser Berechnungen auf die Richtigkeit der Voraussetzung schliessen, also folgern, dass die Himmelskörper, so wie die materiellen Theilchen blosse Kraftpunkte u. s. w. seien, so wäre dies ein offener Fehlschluss. Ich erwähne dieses hier deshalb, weil in Bezug auf die materiellen Theilchen der Körper dieser Fehlschluss in der That schon mehrfach gemacht worden ist.

dem Schlusse, dass der Attractionscalcül für sich allein nicht zur Ermittlung des specifischen Gewichtes der Materie führen werde, dass vielmehr zur Erreichung dieses Zieles noch solche Erscheinungen, welche ganz wesentlich von dem Volumen der materiellen Theilchen abhängig sind, in Untersuchung gezogen werden müssen.

Wir wenden uns für jetzt der Frage zu, in welchem Verhältnisse die empirische Anschauung zu dem gewonnenen Resultate von der Raumerfüllung der Körper stehe, und werden zugleich zeigen, wie leicht sich aus demselben die verschiedenen Grade der Durchsichtigkeit der Körper erklären lassen.

Scheinbarer Widerspruch zwischen empirischer Anschauung und unterbrochener Raumerfüllung der Körper. — Durchsichtigkeit und Undurchsichtigkeit.

Als wir oben die Existenz der Materie als eines Raumerfüllenden wider die gegen sie gemachten Angriffe in Schutz nahmen, wiesen wir mit Nachdruck auf die Wichtigkeit hin, welche man im Gebiete der Naturforschung der Sinneswahrnehmung als Erkenntnisquelle und folglich auch der Erscheinungsweise der Körper zugestehen müsse. Wenn wir nun aber durch eine Vergleichung unserer Vorstellung von Materie mit dem Verhalten der Körper gegen Druck, Wärme u. s. w. zu dem Resultate gelangt sind, dass selbst in solchen Körpern, an welchen unser Auge auf keine Weise leere Zwischenräume zu entdecken vermag, dergleichen dennoch angenommen werden müssen, so sind wir durch unsere Hypothese vom Raumerfüllenden zu einem Resultate geführt worden, dem unsere Wahrnehmung mittelst des Gesichtssinnes oder die empirische Anschauung zu widersprechen scheint. — Dürfen wir aber deshalb, weil die empirische Anschauung uns die Körper anders erscheinen lässt, als sie wirklich sind, unsern Gesichtssinn einer Täuschung beschuldigen, die Sinneswahrnehmung als Erkenntnisquelle,

weil höchst unzuverlässig, verwerfen, und das durch die Sinne Erkannte ohne Weiteres als blossen Schein, dem alle objective Realität fehle, hinstellen? — Wenn eine Täuschung in der Erkenntniss der Aussenwelt stattfindet, so wird solche sicherlich nicht durch die Sinne (auch nicht durch die Aussenwelt), sondern durch uns selbst, d. h. durch unsern Geist, unsern Verstand vollzogen. Wäre unsere Kenntnissnahme von der Aussenwelt wirklich einer Sinnestäuschung preisgegeben, dann stände es allerdings sehr schlimm um unsere ganze Naturforschung, sie wäre eben weiter nichts als das Werk des Trugs. Und in der That die Ursache des falschen Scheines, d. h. unserer thatsächlichen Täuschung bei der empirischen Anschauung, müssten wir einer Täuschung durch unsern Gesichtssinn zuschreiben, wenn das Geschäft des Sehens von ihm allein, ohne Beihülfe des Verstandes vollzogen würde. Doch dem ist nicht so; denn die Sinne überliefern nur die in ihnen durch die Objecte der Aussenwelt angeregten Empfindungen an den Verstand, und dieser ist es, welcher solche zu Vorstellungen von jenen ausser uns befindlichen Objecten umbildet. Er ist also der eigentliche Bildner unserer Vorstellungen, die Sinne reichen ihm gleichsam nur das Material dar, das er zur Bildung dieser Vorstellungen verwendet. Die Sinne sind also für den Verstand nur die Mittel oder Werkzeuge, deren er sich bedient, um Kenntniss von der Aussenwelt zu nehmen und sich dieselbe vorzustellen. — Der Verstand kann nun zu gegebenen Wirkungen nicht bloss die richtigen, sondern auch unrichtige Ursachen setzen. Wenn er nun bei dem Geschäft des Sehens zu den im Auge angeregten Empfindungen unrichtige Ursachen setzt, so entsteht der falsche Schein, und der Verstand stellt sich die Aussenwelt anders vor, als sie in Wirklichkeit ist. Man darf alsdann aber nicht etwa die Sinne, die ja nur als Werkzeuge dienen, einer Täuschung zeihen, sondern muss eine solche vielmehr dem Verstande beimessen. Der Grund, weshalb der Verstand zu einer falschen Vorstellung von der Aussenwelt gelangt, kann theils in einer zu geringen Aufmerksamkeit liegen, die er auf das Geschäft des Sehens verwendet, theils

im Mangel an Uebung, oder in einseitiger Gewöhnung, theils in der Unvollkommenheit der Sinneswerkzeuge u. s. w. *).

Ob nun das, was der Verstand zu schauen, zu erkennen vermeint, auch in Wahrheit ist und so ist, wie er es erkennt, das zu beurtheilen, bleibt Sache der Vernunft. Um diese Aufgabe lösen zu können, hat sie die Gesetze zu erforschen, nach welchen die Gegenstände auf das Auge wirken, die Empfindlichkeit des Auges zu prüfen und den Verstand bei seinem Geschäfte des Sehens zu belauschen, um zu erfahren, in welcher Weise und inwieweit er die ihm überlieferten Empfindungen zur Bildung seiner Vorstellungen von den Objecten der Aussenwelt verwendet und verwenden kann.

Dieser Mühe darf sie sich nicht überheben, weil sie sonst zur Ausübung einer Kritik über den wahren Thatbestand dessen, was der Verstand zu erkennen vermeint, der nöthigen Anhaltspunkte entbehrt und leicht Gefahr läuft, aus Mangel an genügend umsichtiger Kritik mit dem Falschen zugleich auch das Wahre zu verwerfen. Wenn sie findet, dass der Schein zuweilen trügt, so darf sie das noch nicht als einen hinreichenden Grund gelten lassen, allen Schein für blossen Trug zu erklären. Sie darf das vom Verstande

*) Das Sehen ist nicht etwa eine angeborene Fertigkeit, sondern eine Kunst, die wir durch Uebung und Erfahrung erlernt haben und fortwährend erlernen. Deshalb sind neugeborene Kinder die erste Woche hindurch in einem *stupor* befangen; Blindgeborene, welche nach der Operation zum ersten Male das Zimmer, wo sie sind, mit den darin befindlichen Gegenständen erblicken, erhalten von ihnen nur einen Totaleindruck, wie von einem aus einem einzigen Stücke bestehenden Ganzen, das sie für eine verschieden gefärbte Oberfläche halten; sie unterscheiden aber nicht von einander gesonderte, in verschiedenen Entfernungen und hinter einander befindliche Gegenstände. Dass die Kunst zu sehen in immer grösserer Vollkommenheit erworben werden kann, das wissen besonders die Naturforscher aus eigener Erfahrung. Der Geolog z. B. wird sofort beim ersten Blicke solche auf einem Steine befindliche Petrefacten bemerken, die der Nichtgeolog gänzlich übersieht und kaum bemerkt, wenn sie ihm gezeigt werden. Der Grund hievon liegt gewiss nicht in einer verschiedenen Beschaffenheit des Auges, noch weniger in dem Objecte selbst.

als real Anerkannte nur dann als falschen Schein bezeichnen, wenn sie dasselbe wirklich als solchen nachgewiesen hat, und dann auch nur so weit, als ihr dieser Nachweis in der That gelungen ist. Verfährt sie in anderer Weise, so fällt sie ein voreiliges Urtheil, das auf Gültigkeit keinen Anspruch erheben kann. Um so fester und sicherer dagegen wird ihr Urtheil sein, wenn sie nicht bloss zeigt, dass die vom Verstande gewonnene Vorstellung eine falsche ist, sondern zugleich auch nachweist, in welcher Weise dieselbe entstanden ist, und warum der Verstand nicht zu der richtigen gelangen konnte. Wenn die Vernunft bei ihrer Kritik über den wahren Thatbestand des von dem Verstande als real Anerkannten in solcher gründlichen Weise zu Werke geht und sich nicht erlaubt, so ohne Weiteres, ohne hinreichende Kritik die empirische Anschauung *en bloc* als falschen Schein zu verwerfen, so wird sie die Ueberzeugung gewinnen, dass die Erscheinungsweise der Körper den Ausgangspunkt aller wahren Naturforschung bildet und dass die empirische Anschauung so wie überhaupt die Sinneswahrnehmung die Erkenntniss der Aussenwelt erst vermittelt, ja selbst ermöglicht.

Was die Sinne für den Verstand, das ist dieser für die Vernunft. Wie nämlich die Sinne dem Verstande die in ihnen von der Aussenwelt angeregten Empfindungen als Material zur Bildung seiner Vorstellungen darreichen, so dienen letztere der Vernunft wieder als Material zur Bildung einer wahren Erkenntniss von der objectiven Welt, indem sie jene von dem Verstande gewonnenen Vorstellungen mit einander vergleicht und die Thätigkeit und Leistungsfähigkeit des Verstandes, so wie die Brauchbarkeit der ihm zu Gebote stehenden Mittel einer Kritik unterwirft.

Wenden wir nun das Gesagte auf unsere eigene Untersuchung an! Unsere Untersuchung über die Raumerfüllung in den Körpern führte zu dem Ergebnisse, dass in den allermeisten Körpern die leeren Zwischenräume bei Weitem grösser sind als die erfüllten. Was hier die Vernunft in Folge verschiedener Eigenschaften der Körper als wahr, als thatsächlich erkannte, das kann der Verstand nicht in glei-

cher Weise bei dem Geschäfte des Sehens, noch überhaupt mit Hülfe der Sinne erkennen. In einem Theil der Körper nämlich entgehen seiner Wahrnehmung die leeren Räume so gänzlich, dass sie für ihn gar nicht existiren, und er sich diese Körper nur als streng continuirliche Massen, welche die von ihnen eingenommenen Räume ohne alle und jede Unterbrechung erfüllen, vorzustellen vermag; in andern Körpern dagegen, wie in den farblosen Gasen (Sauerstoffgas, Wasserstoffgas, Stickstoffgas u. s. w.) kann er die Gegenwart der materiellen Theilchen mittelst des Gesichtssinnes nicht entdecken; diese Körper sind für die empirische Anschauung eben weiter nichts als leerer Raum *). Somit gelangen wir zu dem Resultate, dass der Verstand da, wo Materie und leere Zwischenräume sind, bald bloss Materie, bald bloss leeren Raum zu erblicken vermeint **).

Um darzuthun, dass dadurch unsere Erkenntniss von der Aussenwelt nur in einen scheinbaren Widerspruch gera-

*) Ein bloss mit Luft oder überhaupt mit einem farblosen Gase gefülltes Gefäss nennen wir gewöhnlich leer, weil die Luft u. s. w. von uns nicht gesehen wird, sie vielmehr für unsere empirische Anschauung sich eben wie ein Nichts verhält. Wenn nun der Naturforscher ein mit einem farblosen Gase gefülltes Gefäss nicht leer, sondern voll nennt, so spricht er eine Erkenntniss aus, die er nicht durch die Thätigkeit des Verstandes, also nicht durch die empirische Anschauung, sondern durch die Thätigkeit der Vernunft, d. h. durch Schlussfolgerungen gewonnen hat; denn das farblose Gas ist für seine empirische Anschauung eben so gut ein Nichts wie für die eines jeden Laien.

**) Obgleich die Vernunft diese Selbsttäuschung des Verstandes klar und deutlich erkennt, so kann sie demselben mit ihrem bessern Erkennen und Wissen doch nicht zu Hülfe kommen; ganz ungestört fährt nach wie vor der Verstand fort in der Bildung der betreffenden falschen Vorstellungen. Denn trotz unserer bessern Einsicht über die Erfüllungsweise in den Körpern vermögen wir dieselben doch nur in der oben angegebenen Weise zu sehen. Diese erwähnte Selbsttäuschung des Verstandes steht aber keineswegs vereinzelt da. So scheint uns stets ein schief ins Wasser getauchter Stab gebrochen zu sein, obgleich wir wissen, dass er es nicht ist; die Himmelskörper erblicken wir in Folge der lichtbrechenden Kraft der atmosphärischen Luft und in Folge der nicht momentanen Fortpflanzung des Lichtes an ganz anderen Stellen, als wo sie sich in Wirklichkeit befinden.

then ist, haben wir nachzuweisen, wie der Verstand zu jenen falschen Vorstellungen gelangt, also das Problem zu lösen, wie es komme, dass eine Mehrheit von materiellen Theilchen in uns die Vorstellung bald von continuirlich erfüllender Masse, bald von blossen leeren Raume erzeugt.

Zur Lösung dieses Problemes werden einige wenige der Optik entlehnte Sätze hinreichen, besonders solche, welche uns die Bedingungen kennen lehren, unter welchen ein Object von uns mittelst des Auges noch wahrgenommen wird, und unter welchen es für uns verschwindet. Daraus wird sich dann leicht erklären lassen, wann eine Mehrheit von gesonderten Objecten einen Raum entweder vollkommen oder unterbrochen zu erfüllen scheint, oder auch für unsere empirische Anschauung gänzlich verschwindet.

Damit ein Gegenstand von uns deutlich oder auch nur noch überhaupt gesehen werde, ist erforderlich, dass derselbe auf der Netzhaut unseres Auges ein hinreichend grosses und helles Bildchen erzeugt, und dass dasselbe, um die Lichtempfindung auf dem Sehnerv entwickeln zu können, eine gewisse Zeit lang andauert.

Die Grösse des auf der Netzhaut erzeugten Bildchens hängt von der Grösse des Seh winkels ab, unter welchem der Gegenstand unserm Auge erscheint, oder, was dasselbe heisst, von der scheinbaren Grösse des Gegenstandes *). Der Seh winkel so wie das Netzhautbildchen wird um so kleiner, je kleiner bei gleichbleibender Entfernung vom Auge ein Gegenstand ist, oder je weiter bei unveränderlicher Grösse sich derselbe vom Auge entfernt. Sinkt der Seh winkel oder die scheinbare Grösse unter gewisse Grenzen

*) Es sei der Pfeil ab der Gegenstand und in c ein Auge. Denkt man sich von den Grenzen a b die beiden Lichtstrahlen ac und bc nach dem Auge gezogen, so heisst der Winkel acb , welchen dieselben mit einander bilden, der Seh winkel oder die scheinbare Grösse des Gegenstandes.

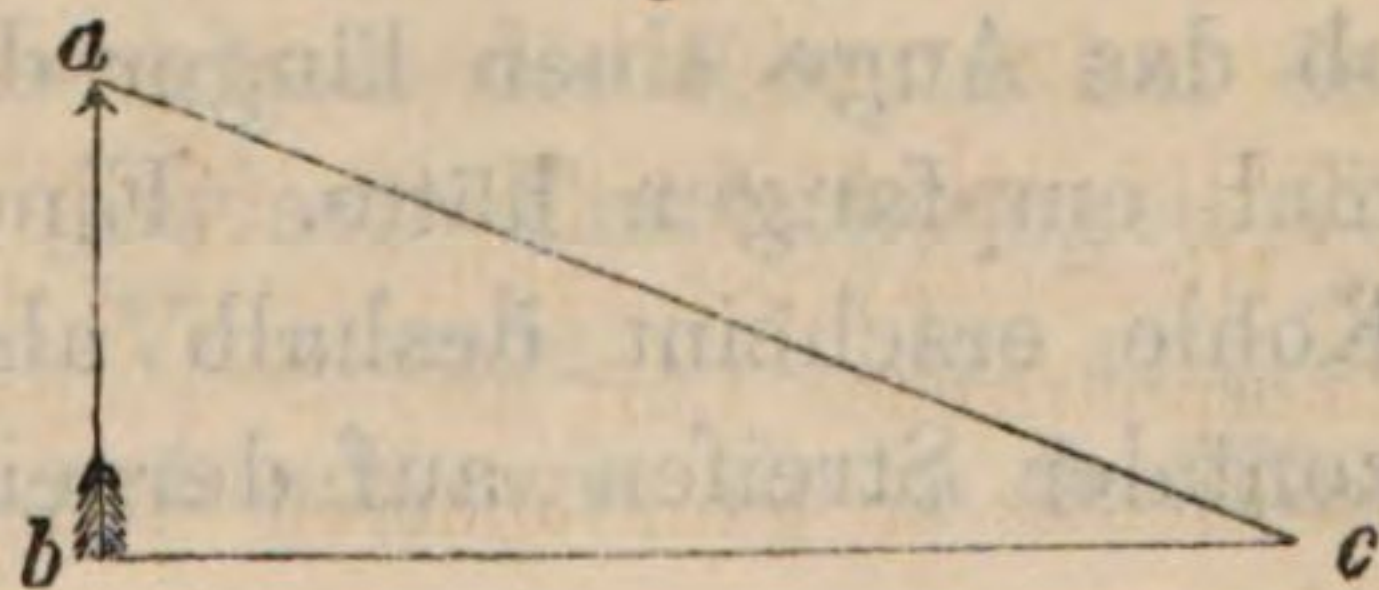


Fig. 5.

herab, so können die Gegenstände nicht mehr gesehen werden und verschwinden also für unsere Wahrnehmung durch den Gesichtssinn. Dieser Grenzwert ist nach den Umständen verschieden und hängt ab von dem Grade der Beleuchtung und der Farbe des Gegenstandes, von der Natur des Hintergrundes, so wie von der Individualität des Auges. Er ist z. B. bei mässig erleuchteten Objecten für ein gewöhnliches Auge etwa 30 Sekunden; dagegen kann ein glänzender Silberdraht auf dunklem Grunde noch unter einem Sehwinkel von nur 2 Sekunden gesehen werden; eben so dunkle Körper auf weissem Grunde. Bei selbstleuchtenden Körpern, wie z. B. Fixsternen, kann der Sehwinkel ausserordentlich, ja unmessbar klein werden, ohne dass sie für unsere Gesichtswahrnehmung verschwinden.

Wie die Gegenstände noch eine gewisse scheinbare Grösse besitzen müssen, um für unser Auge wahrnehmbar zu sein, eben so muss der von ihnen herrührende Lichteindruck eine gewisse Zeit andauern, um auf die Netzhaut eine hinreichende Wirkung hervorzubringen. Während daher eine ruhende oder auf dem Billard hinrollende Kugel von uns deutlich gesehen wird, können wir eine abgeschossene Kanonenkugel in ihrem Fluge nicht mit dem Auge wahrnehmen, weil ihr Bild auf der Netzhaut mit solcher Geschwindigkeit sich fortbewegt, dass es keine Stelle derselben hinreichend stark afficiren kann.

Wie nun ein Lichteindruck nicht sofort mit seinem Eintritte empfunden wird, eben so verschwindet die einmal erzeugte Empfindung auch nicht sogleich mit dem Aufhören dieses Eindrucks, sondern dauert noch eine Zeit lang fort. Folgen daher mehrere Eindrücke so schnell auf einander, dass die bereits erregten Empfindungen beim Eintritte der neuen Eindrücke noch fortdauern, so verschmelzt der Verstand die Empfindungen zu einer einzigen Vorstellung, als ob das Auge einen länger dauernden Lichteindruck auf einmal empfangen hätte. Eine im Kreise gedrehte glühende Kohle erscheint deshalb als ein feuriger Kreis. Ein horizontaler Streifen auf der einen und ein vertikaler Streifen

auf der andern Seite einer Pappscheibe erzeugen beim raschen Drehen die Vorstellung eines Kreuzes.

Die Empfindung, welche ein starker Lichteindruck auf der Netzhaut erregt, beschränkt sich nicht auf die unmittelbar getroffenen Stellen derselben, sondern breitet sich auch auf die nahe gelegenen aus. Es scheint daher die beleuchtete Sichel des Mondes einer grösseren Kugel anzugehören als der dunkle Theil desselben. Diese Erscheinung hat man Irradiation genannt.

Was ergiebt sich nun aus diesen der Optik entlehnten Sätzen für unsern oben angegebenen Zweck?

Sind an einem Orte des Raumes für uns keine Objecte sichtbar, so können wir daraus noch keineswegs mit Sicherheit den Schluss ziehen, dass sich daselbst auch keine befinden; denn der Grund, weshalb wir an einem Orte keine Objecte mit unserm Auge wahrnehmen, muss nicht gerade in einer Abwesenheit von solchen gesucht werden, sondern kann sowohl in einer zu geringen Grösse als in einer zu raschen Bewegung der Objecte, als auch in beiden Ursachen zugleich liegen. Wenn wir nun an den Körpern die materiellen Theilchen und die leeren Zwischenräume nicht als solche wahrnehmen und unterscheiden können, so folgt daraus also noch keineswegs, dass dieselben auch wirklich nicht vorhanden seien; denn wenn ihre Grösse unter ein gewisses Maass herabsinkt, so müssen sie als solche für unsere Wahrnehmung durch den Gesichtssinn verschwinden und können höchstens nur noch einen Totaleindruck durch ihr Zusammenwirken hervorbringen. Wenn uns daher andere Gründe zur Annahme von materiellen Theilchen und leeren Räumen in den Körpern genöthigt haben, so vermag der blosse Mangel an einer Bestätigung durch die empirische Anschauung die Beweiskraft jener Gründe nicht abzuschwächen, um so weniger, da sich mit Hülfe der Gesetze der Optik leicht erklären lässt, weshalb die Körper bei der Beschaffenheit, welche zufolge gewisser Erscheinungen die Vernunft für sie postulirt, dem Verstande bei der empirischen Anschauung so erscheinen müssen, wie sie in der That erscheinen.

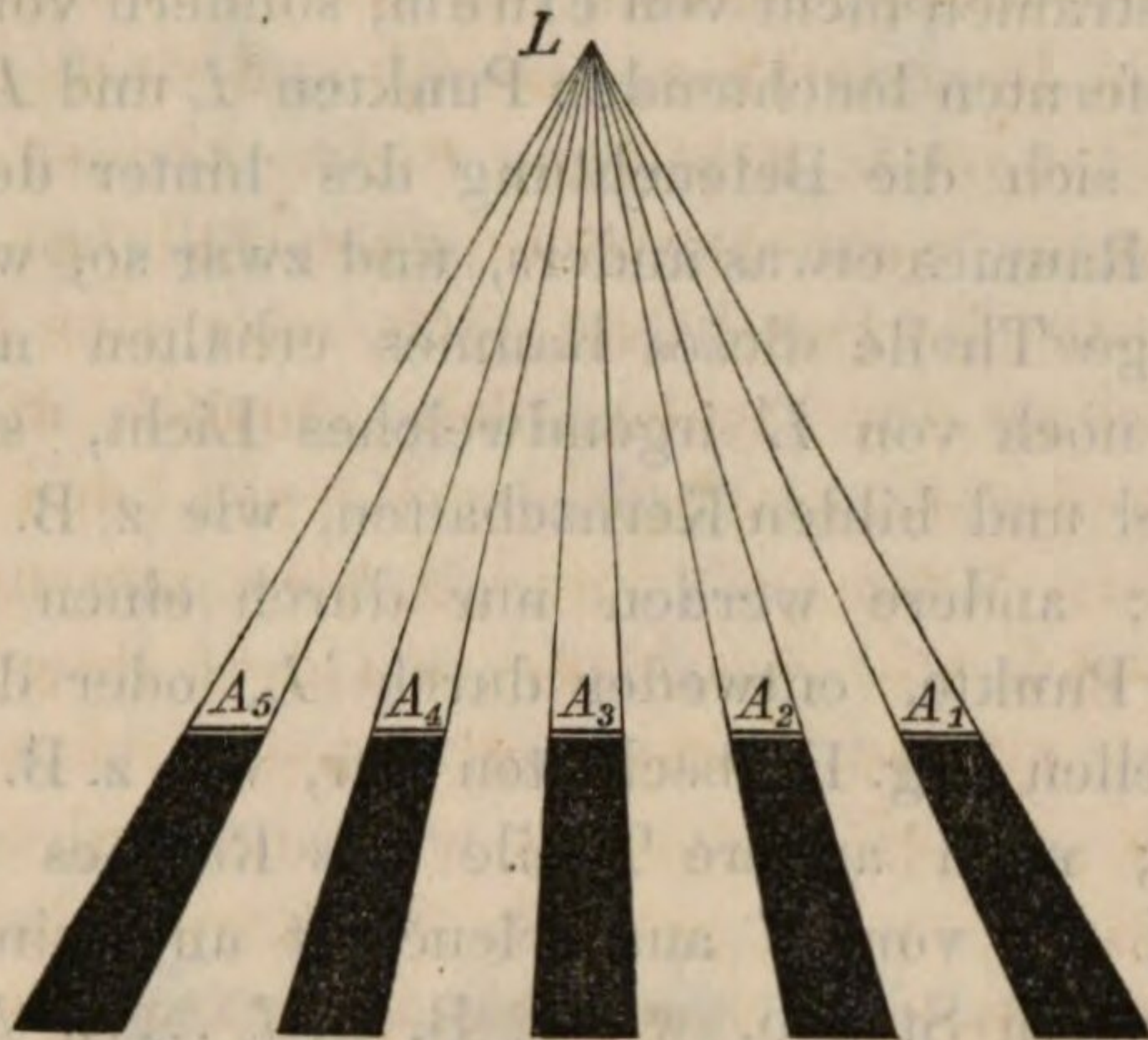
Oben (S. 39) wurde gezeigt, dass die verschiedenen Grade der Durchdringlichkeit der Körper Folge ihrer unvollkommenen Raumerfüllung seien, und dass jene nur in dieser eine genügende Erklärung finden können. Mit einer ununterbrochenen oder stetigen Raumerfüllung der Körper wäre nun auch eine Durchsichtigkeit, oder eine Durchdringlichkeit derselben für Lichtstrahlen gänzlich unverträglich, während aus der Eigenschaft der Körper, den von ihnen eingenommenen Raum mit ihrer Materie nur unterbrochen zu erfüllen, sich die verschiedenen Grade ihrer Durchsichtigkeit mit ziemlicher Leichtigkeit ableiten lassen, wie wir sogleich zeigen werden. Hieraus wird dann gleichsam ganz von selbst folgen, wann sich uns die Körper bei der empirischen Anschauung als zusammenhängende, den Raum continuirlich erfüllende Massen, und wann sie sich uns als bloßer leerer Raum darstellen müssen.

Da wir nicht annehmen können, dass die materiellen Theilchen in den fraglichen Körpern selbstleuchtend seien, noch auch dass sie durch sich selbst, weil ja undurchdringlich, den Lichtstrahlen einen Durchgang gestatten, so müssen sie als an sich dunkle und undurchsichtige Objecte betrachtet werden, welche bei ihrer Beleuchtung durch Lichtstrahlen eben so wie andere dunkle Objecte zur Schattenbildung Veranlassung geben oder doch geben können.

Untersuchen wir nun, wie sich eine Mehrheit dunkler, undurchsichtiger Objecte gegen das Licht verhält. Der Einfachheit der Betrachtung wegen wollen wir vorläufig annehmen, diese Objecte seien scheibenförmig und von deutlich wahrnehmbarer Grösse, und mag ferner die Fortpflanzung des Lichtes, indem wir von der Beugung desselben gänzlich absehen, als eine völlig geradlinige gelten.

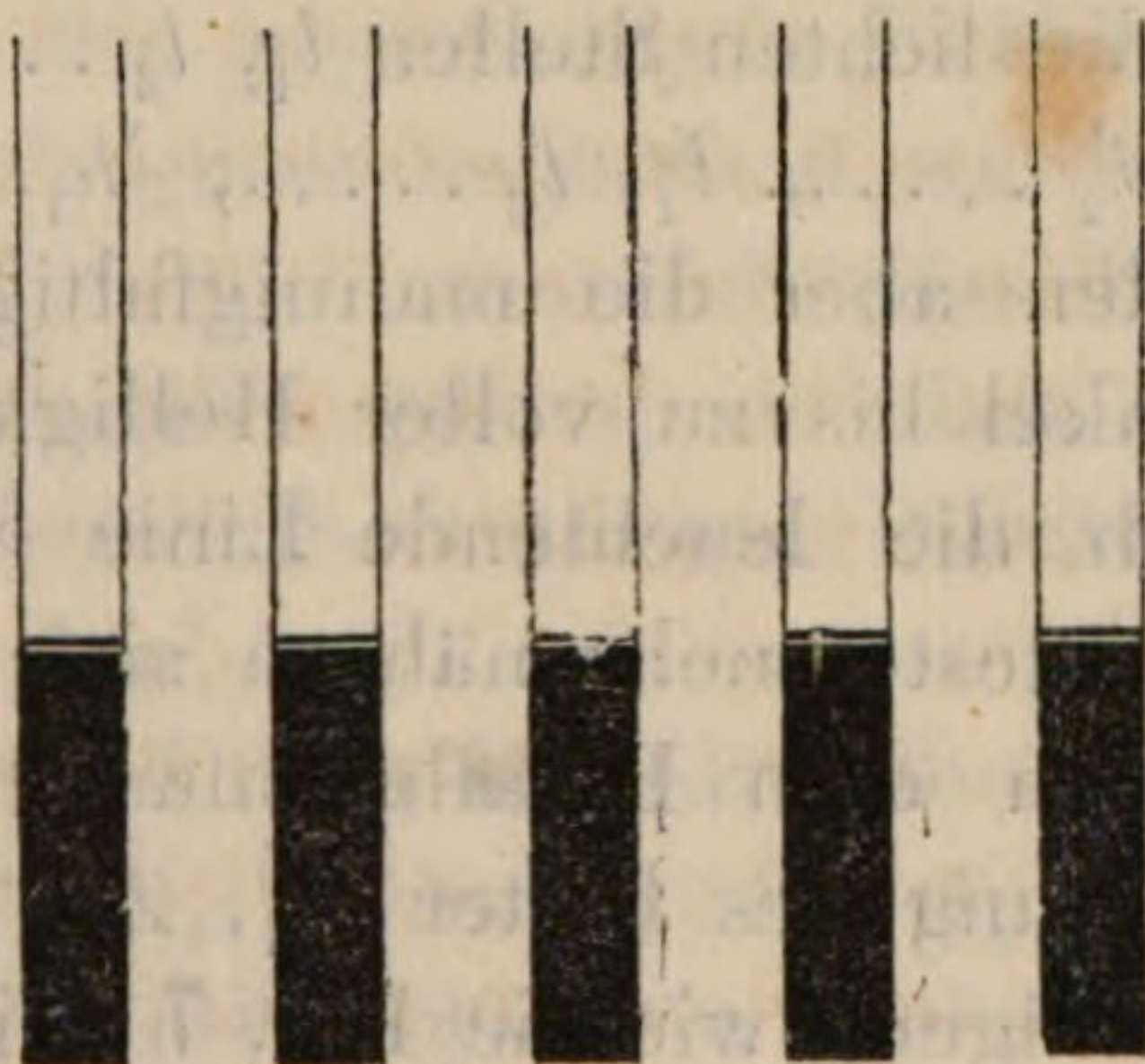
Nehmen wir denn an, A_1 , A_2 , A_3 u. s. w. (s. Fig. 6) seien eine Mehrheit solcher scheibenförmigen, neben einander befindlichen Objecte, und ein leuchtender Punkt, L , sende Lichtstrahlen nach denselben hin, so werden die undurchsichtigen Objecte die auf sie fallenden Lichtstrahlen

Fig. 6.



zurückwerfen, oder letzteren doch wenigstens nicht den Durchgang durch sich gestatten. Dadurch entsteht hinter jedem Objecte ein völlig dunkler Raum, s. g. Kernschatten. Fig. 6 giebt uns einen Durchschnitt von Kernschatten, die erzeugt werden, wenn der leuchtende Punkt sich in endlicher Entfernung von den Objecten befindet, Fig. 7 dagegen einen solchen für den Fall, wo der leuchtende Punkt sich von letzteren unendlich weit entfernt und die einfallenden Lichtstrahlen also als unter sich parallel betrachtet werden können.

Fig. 7.



Kommen die auf die dunklen Objecte A_1, A_2 u. s. w. fallenden Lichtstrahlen nicht von einem, sondern von zwei nicht sehr weit entfernten leuchtenden Punkten L und L' (s. Fig. 8), so gestaltet sich die Beleuchtung des hinter den Objecten befindlichen Raumes etwas anders, und zwar so, wie sie Fig. 8 zeigt. Einige Theile dieses Raumes erhalten nämlich weder von L noch von L' irgendwelches Licht, sind deshalb völlig dunkel und bilden Kernschatten, wie z. B. $d_1, d_2 \dots$, $d'_1, d'_2 \dots$; andere werden nur durch einen der beiden leuchtenden Punkte, entweder durch L , oder durch L' erhellt und stellen s. g. Halbschatten dar, wie z. B. $h'_1, h'_2 \dots$, $h_1, h_2 \dots$; noch andere Theile des Raumes werden sowohl von L als von L' aus erleuchtet und sind also die eigentlich lichten Stellen, wie z. B. $l_1, l_2 \dots$, $l'_1, l'_2 \dots$.

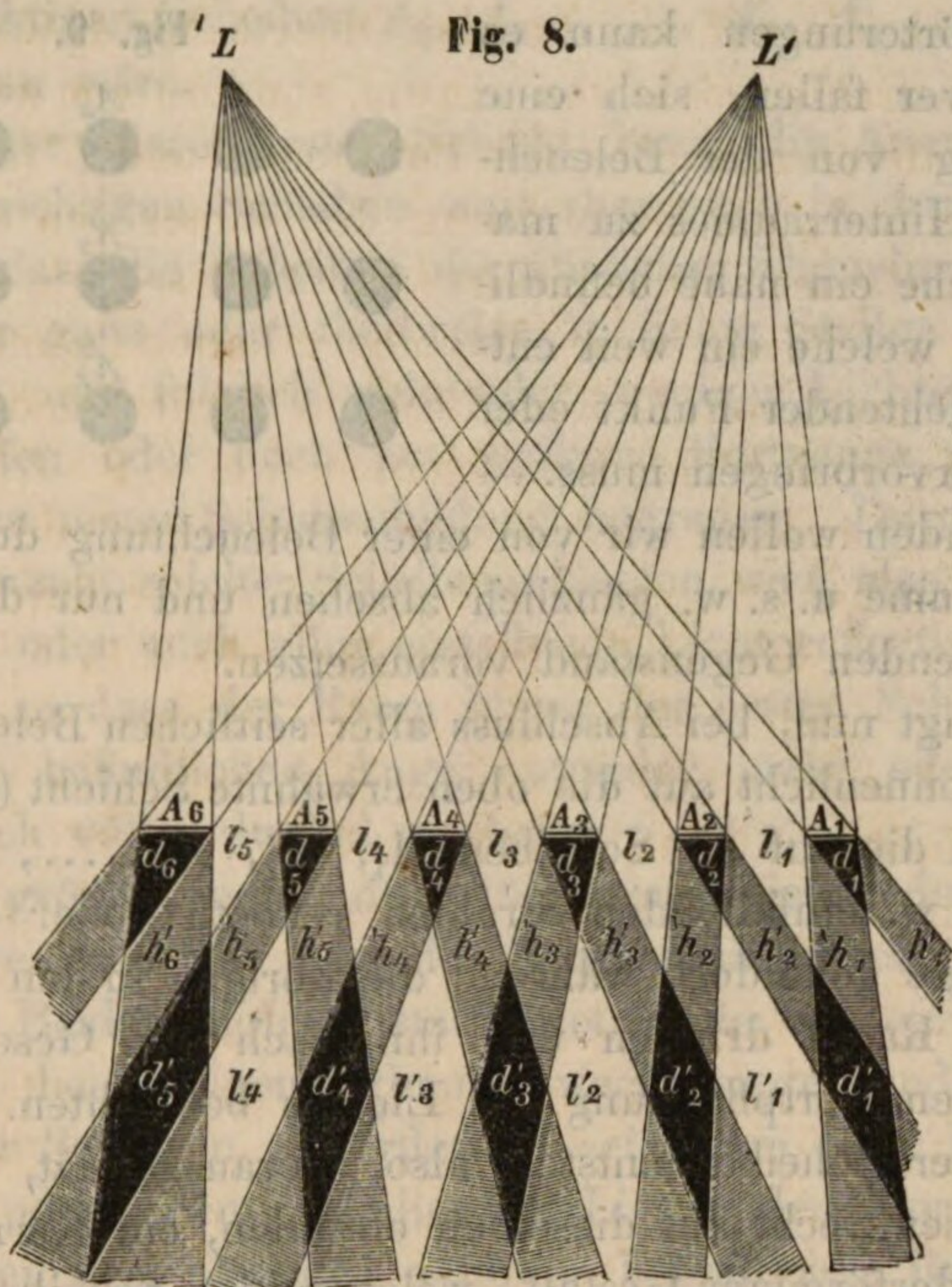
Rücken die leuchtenden Punkte L und L' weit von den Objecten weg, während sie selbst unter einander dieselbe Entfernung beibehalten, so sind die bei A_1, A_2, A_3 u. s. w. einfallenden Strahlen als unter sich parallel zu betrachten, und die Beleuchtung des hinter den Objecten befindlichen Raumes wird so, wie sie Fig. 7 zeigt, indem der Halbschatten in Wegfall kommt und nur noch ganz dunkle und ganz lichte Stellen übrig bleiben.

Tritt an die Stelle der beiden leuchtenden Punkte eine leuchtende Linie, also gleichsam eine Reihe von unendlich vielen leuchtenden Punkten, in nicht weiter Entfernung von den Objecten, so bleiben wie in Fig. 8 die Kernschatten $d_1, d_2 \dots$ und die lichten Stellen $l_1, l_2 \dots$, in den übrigen Räumen $d'_1, d'_2 \dots$, $l'_1, l'_2 \dots$, $h_1, h_2 \dots$, $h'_1, h'_2 \dots$ u. s. w. finden aber die mannigfaltigsten Uebergänge vom völligen Dunkel bis zu voller Helligkeit statt.

Je weiter sich die leuchtende Linie von den dunklen Objecten entfernt, desto mehr nähern sich die bei letzteren einfallenden Strahlen dem Parallelismus, und desto mehr gleicht die Beleuchtung des hinter $A_1, A_2, A_3 \dots$ befindlichen Raumes derjenigen, wie sie Fig. 7 zeigt.

Hiernach ist nun leicht einzusehen, dass eine leuchtende Scheibe oder Kugel eine Beleuchtung des hinter $A_1, A_2, A_3 \dots$ befindlichen Raumes bewirken muss entweder ähnlich,

Fig. 8.



wie sie Fig. 8, oder wie sie Fig. 6, oder auch wie sie Fig. 7 zeigt, je nachdem der leuchtende Gegenstand in der Nähe der dunklen Objecte, oder in weiterer, oder in sehr weiter Entfernung von ihnen sich befindet. Da die Entfernung der Sonne von den hier in Betracht kommenden Objecten im Vergleich zu den gegenseitigen Entfernungen der letzteren als unendlich gross angesehen werden muss, so können die bei $A_1, A_2, A_3 \dots$ einfallenden Sonnenstrahlen als unter einander parallel gelten, so dass uns von der Beleuchtung des dahinter befindlichen Raumes Fig. 7 ein Bild giebt.

Es mögen nun die an sich dunklen und undurchsichtigen Scheiben $A_1, A_2, A_3 \dots, A'_1, A'_2 \dots, A''_1, A''_2 \dots$ u. s. w. nicht bloss eine, sondern mehrere in einer ebenen Raumschicht neben einander befindliche Reihen bilden; es entsteht alsdann eine Schicht solcher dunklen und undurchsichtigen Objecte (s. Fig. 9). Nach den vorausgegan-

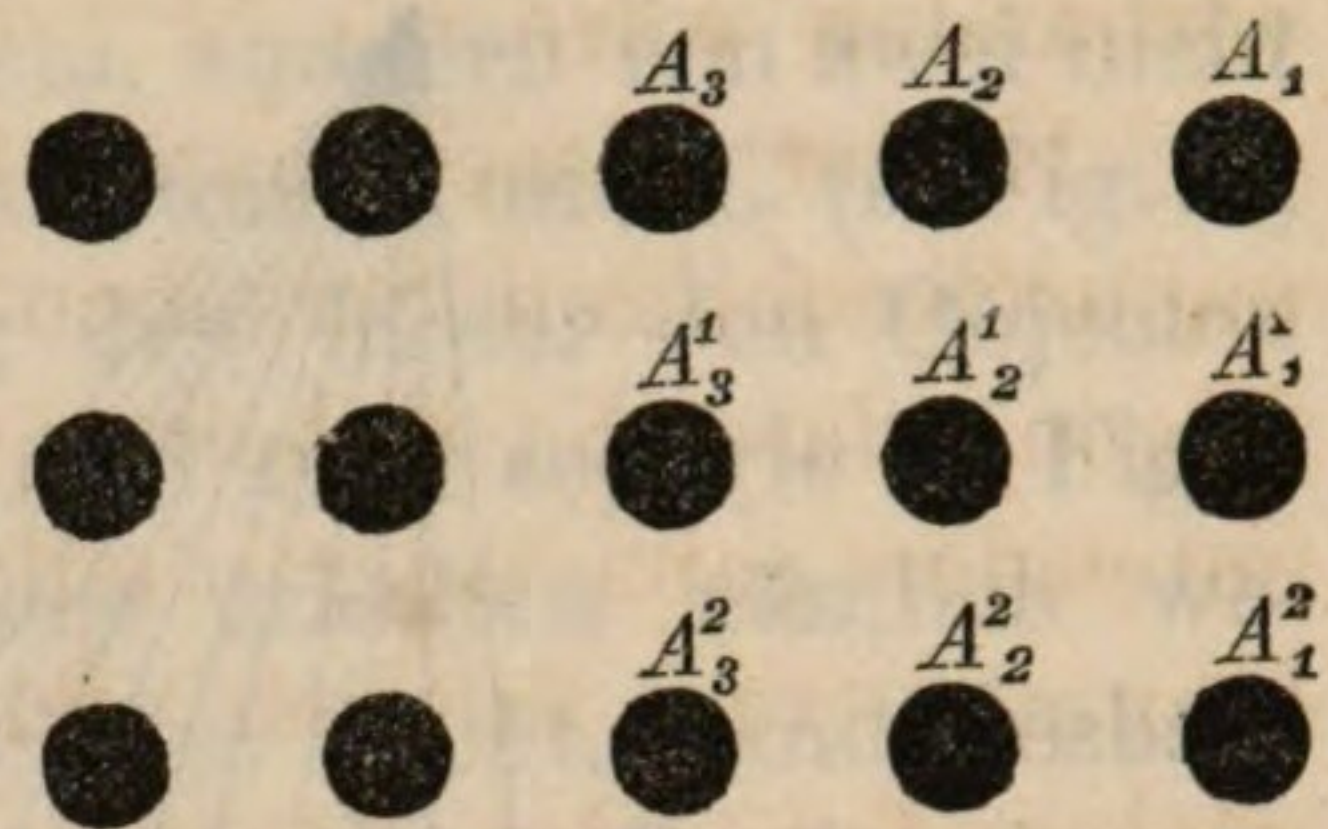
genen Erörterungen kann es nicht schwer fallen, sich eine Vorstellung von der Beleuchtung des Hinterraumes zu machen, welche ein nahe befindlicher, und welche ein weit entfernter leuchtender Punkt oder Körper hervorbringen muss. —

Im Folgenden wollen wir von einer Beleuchtung durch eine Kerzenflamme u. s. w. gänzlich absehen und nur die Sonne als leuchtenden Gegenstand voraussetzen.

Gelangt nun, bei Abschluss aller seitlichen Beleuchtung, directes Sonnenlicht auf die oben erwähnte Schicht (s. Fig. 9), so werden die auf die Scheiben $A_1, A_2, A_3 \dots, A'_1, A'_2 \dots$ u. s. w. einfallenden Strahlen reflectirt oder doch am Durchgange gehindert, während die übrigen in den dahinter liegenden Raum dringen und ihn nach den Gesetzen der geradlinigen Fortpflanzung des Lichtes beleuchten. Hinter jeder dieser Scheiben entsteht also, vorausgesetzt, dass die Strahlen senkrecht auf dieselben einfallen, ein Kernschatten von cylinderförmiger Gestalt, welcher jene Scheibe zur Basis hat; der übrige Raum dagegen ist ganz hell. Jeder zu jener Scheibensicht parallele Durchschnitt gewährt folglich wieder ein Bild wie Fig. 9.

Ausser dieser einen Schicht von Scheiben denke man sich noch eine zweite hiemit parallele, welche eine gleiche Anzahl gleich grosser und gleich vertheilter Scheiben enthält, so dass jede Scheibe der zweiten Schicht ganz genau in den Schatten einer Scheibe der ersten Schicht zu liegen kommt. Die Scheiben der zweiten Schicht empfangen alsdann kein Licht, können deshalb auch keins reflectiren oder am Durchgange verhindern und folglich auch Nichts zur Bildung von neuem Schatten beitragen. Dasselbe Verfahren kann nun mit beliebig vielen Scheibenschichten wiederholt werden, ohne dass die Beleuchtung des dahinter befindlichen Raumes anders ausfallen würde, als wenn bloss jene erste Schicht allein mit ihren an sich dunklen und un-

Fig. 9.



durchsichtigen Scheiben $A_1, A_2 \dots\dots, A'_1, A'_2 \dots\dots$ u. s. w. vorhanden wäre.

Hinter dieser ersten Schicht kann die Anordnung der undurchsichtigen Scheiben nun aber auch in der Weise erfolgen, dass die Scheiben der zunächst folgenden Schichten entweder ganz oder theilweise in lichte Stellen zu liegen kommen und folglich mehr oder weniger Lichtstrahlen zurückwerfen oder doch am weiteren Fortgange verhindern, mithin zu neuer Schattenbildung beitragen. Durch eine gewisse Anzahl solcher Scheibenschichten wird also mehr oder weniger oder auch alles einfallende Licht reflectirt oder absorbirt, so dass der Raum hinter der ersten Schicht einem dahinter befindlichen Auge entweder mehr oder weniger oder auch völlig dunkel erscheint.

Je grösser indess der Flächenraum jeder der Scheiben oder ihre Anzahl in jeder der bestimmten Schichten ist, oder je mehr Beides zugleich stattfindet, desto weniger Schichten werden, bei übrigens gleich zweckentsprechender Vertheilung der Scheiben, erforderlich sein, um einer bestimmten Menge oder allem einfallenden Lichte den Durchgang zu verwehren und also den dahinter befindlichen Raum bis zu einem gewissen Grade oder völlig dunkel erscheinen zu lassen.

Zieht man von dem gesammten einfallenden Lichte das reflectirte und etwa absorbirte ab, so erhält man als Rest die Menge des durchgehenden. Ist die Summe der reflectirten und absorbirten Strahlen gleich der Summe der einfallenden, so muss der Raum hinter den Scheiben völlig dunkel erscheinen. Da nun nicht der bereits im Schatten, sondern nur der im Lichte liegende Flächenraum der undurchsichtigen Scheiben Licht empfangen und am weiteren Fortgange verhindern, also zur Schattenbildung beitragen kann, so folgt aus dem Vorausgegangenen, dass die Menge des durch die undurchsichtigen Scheiben am Durchgange gehinderten Lichtes, also die geringere oder grössere Dunkelheit des hinter denselben befindlichen Raumes nicht bloss von dem Flächenraume der in den verschiedenen Schichten vorhandenen Scheiben, sondern zugleich und zwar sehr wesent-

lich von der Art und Weise ihrer Vertheilung abhängig ist. Man kann sich daher von der Menge des durchgelassenen Lichtes noch keinen Schluss, sei es auf die Grösse oder Anzahl der Scheiben, sei es auf den gesamten Flächenraum derselben so ohne Weiteres erlauben.

Hinter diesen Scheibenschichten mag sich, indem die oben angegebenen Voraussetzungen dieselben bleiben, das Auge eines Beobachters befinden. Sehen wir nun zu, welche Vorstellung von diesen vereinigten Scheiben mittelst des auf der Netzhaut des Auges durch sie hervorgerufenen Bildchens sich der Verstand zu verschaffen vermag und thatsächlich verschafft.

Entweder wird von den Scheiben sämmtliches Licht am Durchgange gehindert, oder es dringt zwischen denselben noch Licht hindurch und gelangt in das Auge des Beobachters. Im ersteren Falle vermag der Verstand bei seinem Geschäfte des Sehens keine von einander gesonderte Objecte zu unterscheiden, vermeint vielmehr wegen des gänzlichen Mangels an durchgelassenem Lichte ein zusammenhängendes, den Durchgang des Lichtes verhinderndes Etwas, also eine an sich dunkle, undurchdringliche, den Raum continuirlich erfüllende Masse zu erblicken. Im zweiten Falle dagegen, wo zwischen den Scheiben Licht hindurchdringt, entsteht auf der Augennetzhaut des Beobachters ein Bildchen mit dunklen und lichten Stellen. Dieses Bildchen erzeugt auf der Netzhaut einen gemischten Eindruck, der durch den Sehnerv dem Verstande als gemischte Empfindung überliefert wird und in demselben zum Bewusstsein gelangt. Die Ursache dieser empfangenen gemischten Empfindung findet der Verstand in dem Zusammenwirken eines den Durchgang des Lichtes hemmenden und eines denselben gestattenden Etwas, oder in der Gegenwart von Raumerfüllendem und blossen leeren Raume, die sich gegen einfallende Lichtstrahlen in verschiedener Weise verhalten. Die Ursache der Lichtempfindung versetzt der Verstand rückwärts in der Richtung der ins Auge gelangenden Lichtstrahlen an eine nach den Gesetzen der Optik leicht zu bestimmenden Stelle. Das Verhältniss vom Raumerfüllenden zum leeren Raume

findet er gegeben in dem Verhältnisse der dunklen zu den lichten Stellen des Netzhautbildchens. Da indess, wie wir vorhin (S. 85 u. 86) sahen, die Menge des am Durchgange gehinderten Lichtes nicht bloss von der Anzahl und Grösse der Scheibchen, sondern zugleich und zwar sehr wesentlich von deren Vertheilungsweise abhängig ist, so erkennt man sofort, dass die aus dem Netzhautbildchen vom Verstande gewonnene Vorstellung von der Menge des Raumerfüllenden einerseits und des leeren Raumes andererseits eine sehr unzuverlässige und trügliche ist.

Je kleiner nun im Netzhautbildchen, bei gleichbleibender Grösse der dunklen, die lichten Stellen werden, desto mehr verliert der durch sie auf der Netzhaut hervorgebrachte Lichteindruck an Stärke, und desto weniger stark drängen sie sich unserm Bewusstsein auf; sinkt ihre Grösse unter ein gewisses Maass herab (S. 77 u. 78), so wird der von ihnen auf der Netzhaut erzeugte Lichteindruck zu gering, als dass er noch empfunden werden könnte; in dem Netzhautbildchen verschwinden daher für den Verstand die lichten Stellen so gänzlich, dass sie für ihn gar nicht mehr existiren, und er nur noch eine dunkle, undurchsichtige, zusammenhängende Masse zu erblicken vermeint. — Je kleiner dagegen im Netzhautbildchen, bei gleich bleibender Grösse der lichten, die dunklen Stellen werden, desto schwerer sind sie von dem Verstande wahrzunehmen; sinkt ihre Grösse unter ein gewisses Maass herab, so verschwinden sie für die Sinneswahrnehmung so gänzlich, dass das Ganze sich für den Verstand nur noch als leerer Raum darstellt.

Nehmen wir ferner an, das Netzhautbildchen sei, wenn das Auge des Beobachters sich nahe hinter den Scheibchen befindet, derartig, dass der Verstand sowohl die dunklen als die lichten Stellen noch deutlich erkennen könne. Entfernt sich hierauf das Auge des Beobachters immer weiter und weiter von den Objecten, so erscheinen ihm (S. 77) die dunklen und lichten Stellen hinter den Scheibenschichten unter einem immer kleineren und kleineren Sehwinkel, im Netzhautbildchen werden die dunklen und lichten Stellen immer kleiner und kleiner, bis sie endlich so klein werden,

dass auf der Netzhaut die von ihnen hervorgebrachten Eindrücke in einander übergehen, sich gleichsam mit einander verschmelzen, und dass weder die einzelnen dunkeln, noch die einzelnen lichten Stellen von dem Verstande wahrgenommen und unterschieden werden können. Die Folge von diesem Ineinanderübergehen der Eindrücke oder Empfindungen ist, dass der Verstand solche zu einer einzigen Vorstellung verschmelzt wie von einem zusammenhängenden, continuirlichen oder stetigen Etwas, das den Durchgang des Lichtes mehr oder weniger oder auch selbst unmerkbar wenig verhindert oder gestattet. Es ist nun leicht einzusehen, dass die Scheibenschichten dem Verstande bald als blosser leerer Raum, bald als eine undurchsichtige, den Raum stetig erfüllende Masse erscheinen können, je nachdem sie nur unbedeutend wenig Licht entweder am Durchgange hindern, oder durchlassen. Wird dagegen eine merkliche Menge Licht einerseits am Durchgange gehindert, so wie zugleich andererseits durchgelassen, so muss die Mehrheit der Scheiben uns als eine den Raum zwar continuirlich erfüllende, nichts desto weniger aber durchsichtige Masse erscheinen. — In diesem letzteren Falle stellen sich also die gesonderten, an sich dunklen und undurchsichtigen Objecte für unsere empirische Anschauung als ein einziges Stück Materie dar, die jedoch in Bezug auf die Lichtstrahlen die Eigenschaft der Undurchdringlichkeit mehr oder weniger verloren und dafür die dem Wesen der Materie widersprechende Eigenschaft, durch ihre ganze Masse hindurch jenen den Durchgang zu gestatten, angenommen hätte.

Die angestellten Betrachtungen lehren uns also, dass eine Mehrheit an sich dunkler, undurchsichtiger und den eingenommenen Raum nachweisbar nur mit Unterbrechung erfüllender Objecte sich für unsere empirische Anschauung unter geeigneten Umständen als eine den Raum ohne alle und jede Unterbrechung erfüllende Masse mit den verschiedensten Graden von Durchsichtigkeit oder Undurchsichtigkeit darstellen, so wie selbst für unsere Sinneswahrnehmung gänzlich verschwinden können. — Wir erkennen aber auch zugleich, dass dieser falsche Schein nicht in einer Täuschung

der Sinne, sondern in einer Selbsttäuschung des Verstandes seinen Grund hat, indem letzterer die Unvollkommenheit der ihm zu Gebote stehenden Mittel bei seinem Geschäfte des Sehens nicht gehörig berücksichtigt. Denn vorerst kann das Netzhautbildchen nicht als ein getreues Bild von den mit einander vereinigten, neben und hinter einander befindlichen undurchsichtigen Objecten (Scheibchen) gelten; so dann werden die von diesem unvollkommenen Bildchen auf der Netzhaut erzeugten Eindrücke einerseits nicht immer hinreichend stark und deutlich, so wie andererseits nicht hinreichend scharf abgegrenzt empfunden, vielmehr verschwinden manche Eindrücke der Wahrnehmung ganz und gar, und gehen andere für dieselbe in einander über. Wenn nun der Verstand solche ihm überlieferte unvollkommene Empfindungen in der Weise, als wären sie vollkommene, zur Bildung seiner Vorstellungen von den Objecten der Aussenwelt verwendet, so müssen ihm natürlich letztere anders erscheinen, als sie in Wirklichkeit sind.

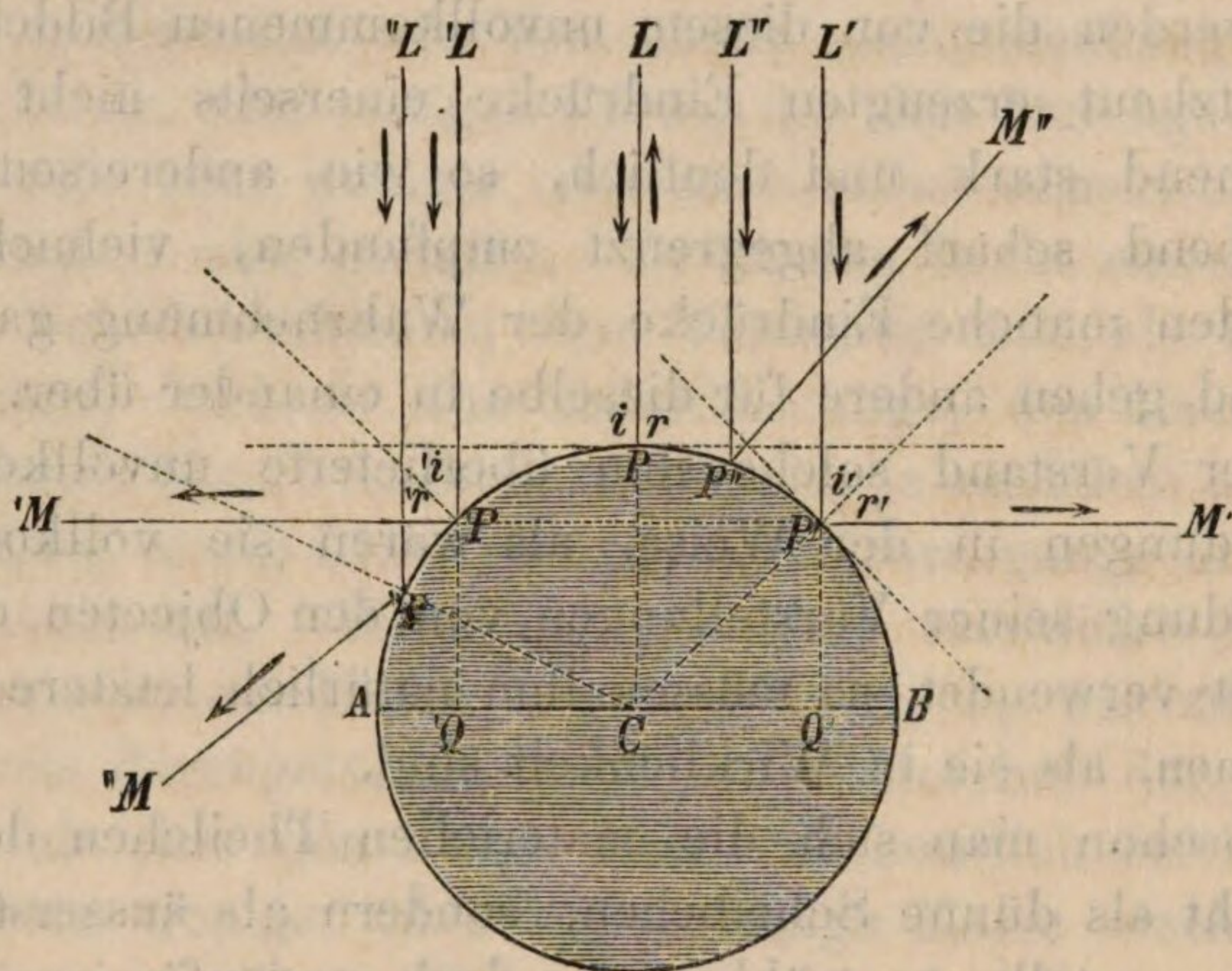
Obschon man sich die materiellen Theilchen der Körper nicht als dünne Scheibchen, sondern als äusserst kleine Kugeln vorstellt, so wählten wir doch vorläufig jene anstatt dieser bei unserer Erklärung der verschiedenen Grade von Durchsichtigkeit, um die Betrachtung möglichst zu vereinfachen. Eine Kugeloberfläche reflectirt nämlich nicht wie eine Scheibe sämmtliche auf sie fallende Lichtstrahlen, sondern nur die Hälfte derselben nach der Seite der Lichtquelle; die zweite Hälfte der auf die Kugeloberfläche treffenden Strahlen dagegen wird nach der entgegengesetzten Seite hin geworfen *). Diese letzteren gelangen, wenn sich neben und

*) Von einem in unendlicher Entfernung befindlichen leuchtenden Punkte mögen auf eine Kugeloberfläche Lichtstrahlen, wie z. B. LP , $L'P'$ fallen. Diese Strahlen kann man als unter einander parallel betrachten. Fig. 10 stelle einen in der Richtung dieser Strahlen durch den Mittelpunkt (C) der Kugel geführten Schnitt dar; der Durchmesser AB sei wagerecht zu ihnen. Der Strahl LP , dessen Verlängerung durch den Mittelpunkt geht, wird, weil sein Einfallswinkel $i = R$ ist, in sich zurückgeworfen. Die Strahlen $L'P'$ und $L''P''$, deren Einfallswinkel i' und i'' jeder $= \frac{1}{2}R$, werden parallel mit AB nach $P'M'$

hinter jener Kugel noch andere Kugeln befinden, zum Theil in den der Lichtquelle zugewendeten, zum Theil in den von ihr abgewendeten Raum; von diesem letzteren Theile

und $P'M$ reflectirt, sämtliche zwischen $L'P$ und $L'P'$ einfallenden Strah-

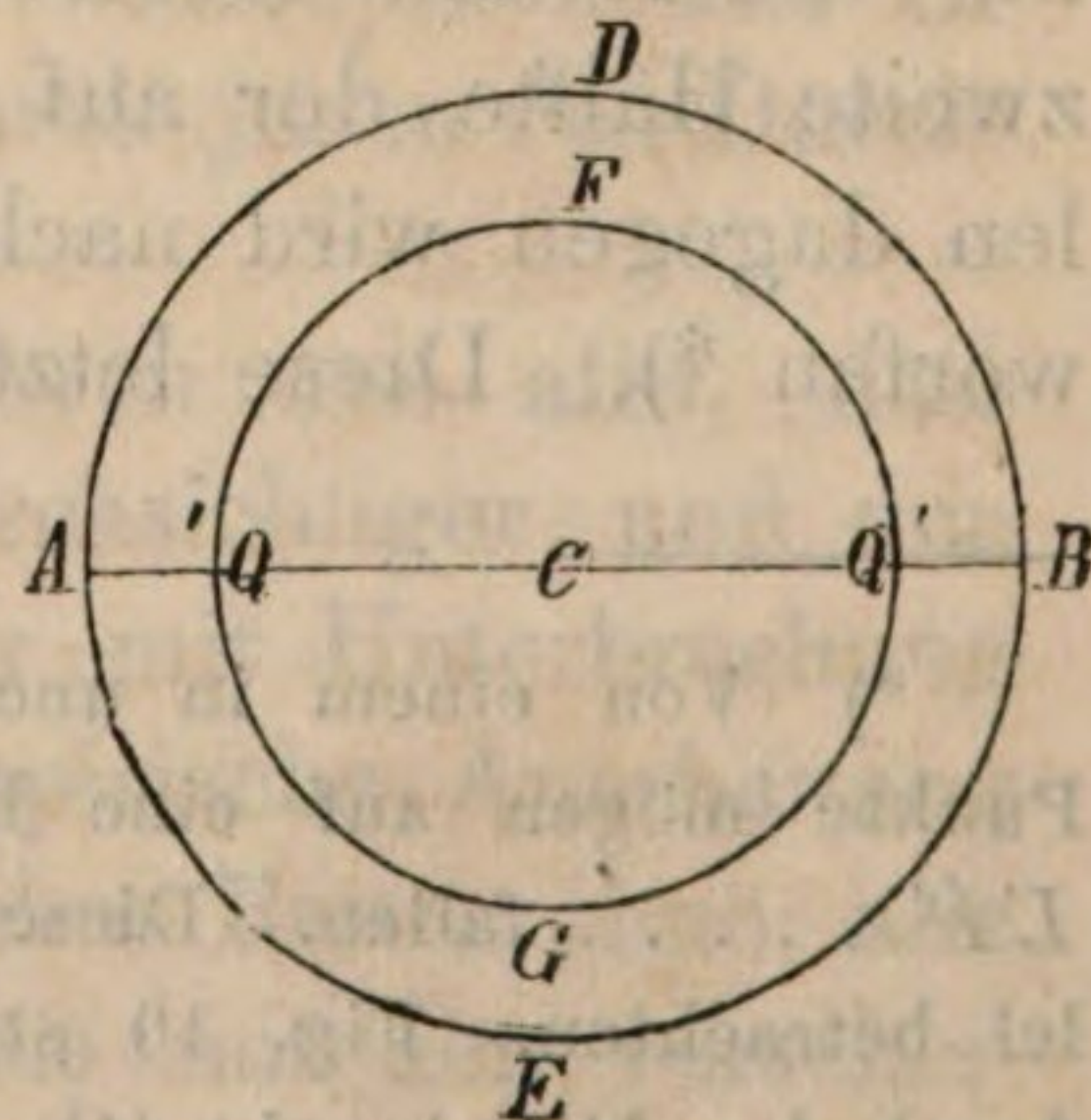
Fig. 10.



len nach der Seite der Lichtquelle, wie z. B. $L'P''$ nach $P''M''$, alle andern, also auf $A'P$ und BP' treffenden dagegen nach der entgegengesetzten Seite hin, wie z. B. $L'P$ nach $P'M$, geworfen.

Man denke sich nun durch AB einen horizontalen, zu den einfallenden Lichtstrahlen senkrechten Kugelschnitt gelegt, so bildet dieser eine Kreisfläche mit dem Radius $= r = AC = BC$, wie $ABDE$ (Fig. 11) darstellt.

Fig. 11.



Würde die Halbkugel APB (Fig. 10) hinweggenommen, so würden sämtliche Strahlen, die sonst auf sie fielen, auf die Kreisfläche $ABDE$ (Fig. 11) fallen und von dieser nach der Seite der Lichtquelle hin reflectirt werden, während die Kugeloberfläche nach jener Seite nur so viel Strahlen reflectirt, als die kleinere Kreisfläche $QQ'FG$ (Fig. 11) mit dem Halbmesser $\varrho = QC = CQ' = r \cdot \cos \frac{1}{2}R = \frac{1}{2}r\sqrt{2}$ es vermöchte. — Die auf die Kugeloberfläche treffenden Lichtstrahlen ver-

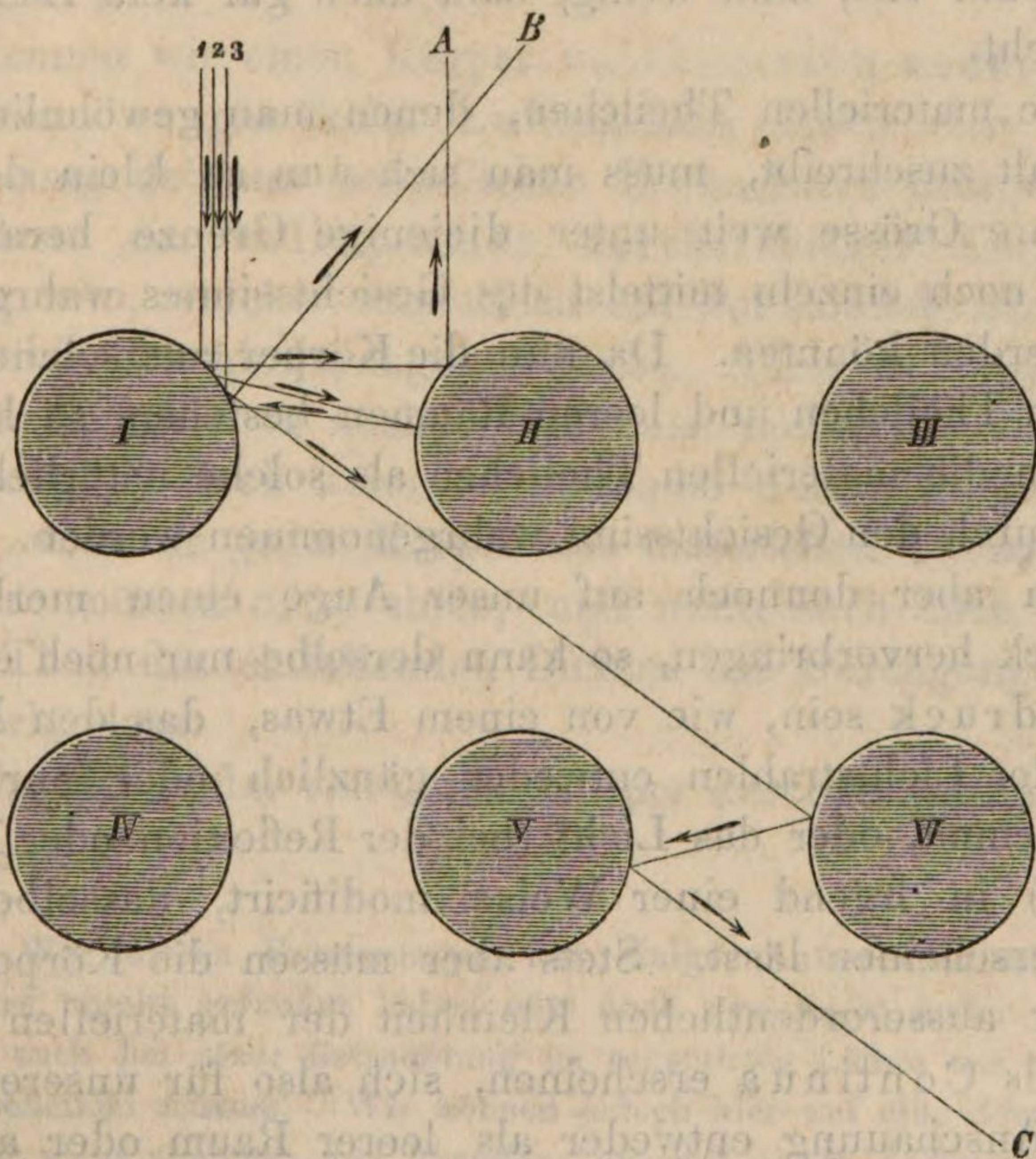
halten sich also zu den von ihr nach der Seite der Lichtquelle hin reflectirten wie die Kreisfläche $ABDE$ zu der Kreisfläche $QQ'FG$, d. h. wie $r^2 : \varrho^2 = r^2 : \frac{1}{2}r^2 = 1 : \frac{1}{2}$.

der abermals reflectirten Strahlen gilt wiederum genau dasselbe u. s. w. *)

Hieraus leuchtet sofort ein, dass die Erscheinungen in Bezug auf die Reflexion und Durchlassung des Lichtes im Einzelnen viel mannigfaltiger und verwickelter sich gestalten, wenn man bei seinen Versuchen nicht, wie oben, Scheiben, sondern Kugeln wählt. Indess würden wir bei Erklärung der verschiedenen Grade der Durchsichtigkeit zu kei-

*) Dies zu veranschaulichen, mag Fig. 12 dienen. Von den drei unter einander parallelen, auf die Kugel *I* treffenden Lichtstrahlen 1, 2 und 3 wird der Strahl 1 von der Kugel *I* nach Kugel *II* und von da nach *A* hin; der Strahl 2 von Kugel *I* nach Kugel *II*, von da wieder nach Kugel *I* und von hier nach *B* hin; der Strahl 3 endlich von Kugel *I* nach Kugel *VI*, von hier nach Kugel *V* und von da nach *C* hin reflectirt. — Hiernach wird man leicht beurtheilen können, wie mannigfaltig die Lichtstrahlen in den von Kugeln eingenommenen Räumen sich durchkreuzen müssen.

Fig. 12.



nem andern, wesentlich verschiedenen, Resultate gelangt sein, wenn wir uns die dunklen Objecte nicht als scheibenförmig, sondern als kugelförmig vorgestellt hätten; denn auch Kugeln können, wie leicht begreiflich, wenn sie nur in hinreichender Anzahl vorhanden sind, im Raume so vertheilt werden, dass sie je nach Umständen verschiedene Mengen oder auch gar kein Licht durch die zwischen ihnen vorhandenen leeren Räume in das Auge eines dahinter befindlichen Beobachters gelangen lassen.

Da Kugeln nicht, wie Scheiben, vorzugsweise bloss nach zwei Richtungen (Länge und Breite), sondern gleichmässig nach allen Seiten hin ausgedehnt sind, so verhalten sie sich gegen einfallendes Licht, dasselbe mag kommen von welcher Seite es will, völlig gleichmässig, was bei Scheiben natürlich nicht der Fall sein kann. Es ist deshalb auch dann, wenn von allen Seiten Licht einfällt, leicht, eine hinreichende Anzahl von Kugeln neben und hinter einander so anzuordnen, dass durch den von ihnen eingenommenen Raum bald viel, bald wenig, bald auch gar kein Licht hindurchgeht.

Die materiellen Theilchen, denen man gewöhnlich Kugelgestalt zuschreibt, muss man sich nun so klein denken, dass ihre Grösse weit unter diejenige Grenze herabsinkt, wo sie noch einzeln mittelst des Gesichtssinnes wahrgenommen werden könnten. Da nun die Körper aus solchen materiellen Theilchen und leeren Räumen bestehen, so können in ihnen die materiellen Theilchen als solche natürlich nicht mehr durch den Gesichtssinn wahrgenommen werden. Wenn sie nun aber dennoch auf unser Auge einen merkbaren Eindruck hervorbringen, so kann derselbe nur noch ein Totaleindruck sein, wie von einem Etwas, das den Durchgang der Lichtstrahlen entweder gänzlich oder nur theilweise hemmt, oder das Licht (bei der Reflexion oder Durchlassung) in irgend einer Weise modificirt, dasselbe z. B. farbig erscheinen lässt. Stets aber müssen die Körper, wegen der ausserordentlichen Kleinheit der materiellen Theilchen, als Continua erscheinen, sich also für unsere empirische Anschauung entweder als leerer Raum oder als ein

mehr oder weniger durchsichtiges (undurchsichtiges) Raum-erfüllende darstellen.

Farblose oder gleichfarbige Körper von verschiedenen Graden der Durchsichtigkeit lassen unter übrigens gleichen Umständen verschiedene Mengen von Lichtstrahlen durch sich in das Auge eines Beobachters gelangen. Die Netzhaut des Auges wird durch die auf ihr so erzeugten Bildchen verschieden stark afficirt, und ist der Unterschied in der Affection hinreichend gross, so erkennt der Verstand die Körper als wesentlich von einander verschieden. Sehr geringe Unterschiede in der Durchsichtigkeit vermag dagegen unser Auge nicht mehr wahrzunehmen. Wenn daher farblose Gasarten oder Gasgemenge, wie z. B. atmosphärische Luft, nur sehr wenigen Lichtstrahlen den Durchgang durch sich verwehren, so erscheinen sie uns als vollkommen durchsichtig, und wir sind nicht im Stande, sie vom leeren Raume, der den Lichtstrahlen völlig ungehinderten Durchgang gestattet, mit blossen Auge ohne Weiteres zu unterscheiden *).

Nennen wir einen Körper vollkommen **undurchsichtig**, wenn er gar keine Lichtstrahlen durch sich in das Auge eines dahinter befindlichen Beobachters dringen lässt, so müsste ein vollkommen **durchsichtiger** Körper ein solcher sein, welcher sämtliche auf ihn fallende Lichtstrahlen durch sich hindurchgehen liesse. Allein es ist einleuchtend, dass, wenn es auch vollkommen undurchsichtige Körper giebt, es doch keine vollkommen durchsichtige geben kann; denn da jeder Körper aus materiellen Theilchen besteht, so müssen diese einen, und wenn auch noch so kleinen, Theil des einfallenden Lichtes am Durchgange durch ihn verhindern.

Die Menge der von einem Körper durchgelassenen Licht-

*) Wer diesen Erörterungen mit einiger Aufmerksamkeit gefolgt ist, wird bereits gefunden haben oder doch sehr leicht finden, dass die Körper auch bei einer Betrachtung im reflectirten Lichte uns als Continua erscheinen müssen. Wir können jedoch hier auf eine derartige Erörterung nicht eingehen und begnügen uns mit dieser Andeutung.

strahlen hängt nicht lediglich von seiner inneren Beschaffenheit, sondern zugleich von seiner Dicke ab, so dass jene mit einer Zunahme dieser sich vermindert. Es kann daher ein Körper bei einer gewissen Dicke in hohem Grade durchsichtig sein, während er sich bei einer bedeutend grösseren Dicke als völlig undurchsichtig erweist. Eben so findet das Umgekehrte statt. Viele Körper nämlich, wie z. B. Gold und Silber, werden von uns gewöhnlich nur im völlig undurchsichtigen Zustande beobachtet, während sie doch in dünnen Blättchen sich als durchsichtig zu erkennen geben. Man kann daher sagen: wie es keinen absolut durchsichtigen Körper giebt, so giebt es auch keinen absolut undurchsichtigen.

Die Begriffe Durchsichtigkeit der Körper und Durchdringlichkeit derselben für Lichtstrahlen sind keineswegs identisch; es kann zwar jene nicht ohne diese, wohl aber diese ohne jene bestehen, indem erstere durch letztere bedingt wird. Sämmtliche Körper von jeglicher Dicke besitzen nämlich, in Folge ihrer unterbrochenen Raumerfüllung, die Eigenschaft der Durchdringlichkeit für Lichtstrahlen, wenngleich in sehr verschiedenen Graden. Durchsichtig kann aber ein Körper nur dann heissen, wenn wenigstens eine gewisse Anzahl von Lichtstrahlen wirklich durch ihn hindurch in den dahinter befindlichen Raum gelangt, nicht aber ein solcher, bei dem dieses nicht stattfindet, bei dem also keine Lichtstrahlen auf der entgegengesetzten Seite wieder austreten.

Die Frage, ob die materiellen Theilchen der Körper sich in Ruhe oder in Bewegung befinden, konnte bei Erklärung der verschiedenen Grade der Durchsichtigkeit u. s. w., unbeschadet der Richtigkeit des gewonnenen Resultates, unberücksichtigt gelassen werden; denn bewegen sich dieselben in der That, so muss ihre Bewegung als eine höchst gesetzmässige und daher ihre Vertheilung als eine, wenn auch stetig veränderliche, so doch gesetzmässige betrachtet werden. Da übrigens das Licht die ausserordentlich grosse Fortpflanzungsgeschwindigkeit von 42000 Meilen (oder von etwa 1008 Millionen Fuss) in 1 Sekunde besitzt, so braucht

ein Lichtstrahl, dessen Länge gleich der Dicke eines hier in Betracht kommenden Körpers ist, zu seinem Durchgange durch letzteren nur eine verschwindend kurze Zeit, für welche die materiellen Theilchen als in Ruhe befindlich angesehen werden können.

Eben so liessen wir auch die Beugung des Lichtes gänzlich unberücksichtigt — eine Freiheit die wir uns um so eher erlauben durften, da eine solche Berücksichtigung doch zu keinem andern irgendwie wesentlich verschiedenen Resultate geführt hätte.

Werfen wir nun noch einen kurzen Rückblick auf unsere Untersuchungen!

Indem wir von dem Begriffe oder der Vorstellung der Materie als eines Raumerfüllenden ausgingen, gelangten wir durch eine Betrachtung der Eigenschaften der Körper und Vergleichung mit dem Begriffe Materie zu dem Resultate, dass die Körper aus materiellen Theilchen und leeren Räumen bestehen, d. h. dass sie unterbrochene Raumerfüllung besitzen. Dieses Ergebniss schien unserer empirischen Anschauung zu widersprechen, da die Körper unserem Auge nicht in der angegebenen Weise, sondern als Continua, und zwar entweder als den von ihnen eingenommenen Raum stetig erfüllende Massen, oder auch als blosse leere Räume erscheinen. Indem wir nun aber untersuchten, wie die Körper bei obiger Beschaffenheit nach den Gesetzen der Optik für unsere empirische Anschauung sich darstellen müssen, gelangten wir zu dem Resultate, dass sie gerade in Folge der von uns ihnen beigelegten inneren Beschaffenheit uns nur so erscheinen können, wie sie in der That erscheinen, und dass mithin der Widerspruch zwischen empirischer Anschauung und Erfüllungsweise der Körper sich nicht als ein wirklicher, sondern nur als ein scheinbarer erweist. — Wir erreichten indess noch mehr; denn selbst ein Widerspruch, in welchen die empirische Anschauung mit dem Begriffe Materie als eines Raumerfüllenden geräth, fand in der von uns erkannten inneren Beschaffenheit der Körper seine Lösung. Viele Körper nämlich erscheinen dem Auge als den von ihnen eingenommenen Raum streng continuirlich

erfüllende, nichts desto weniger aber als durchsichtige Massen, oder, mit andern Worten, als durchsichtige Stücke Materie, während doch die Eigenschaft der Durchdringlichkeit für Lichtstrahlen mit dem Begriffe und dem Wesen der Materie als eines Raumerfüllenden in ganz entschiedenem Widerspruche steht. Durch aprioristische Gründe lässt sich dieser Widerspruch, wie selbstverständlich, nicht lösen, wohl aber, wie wir gezeigt haben (S. 88) durch Gründe, die der Erfahrung entnommen sind. Denn die aus der Erfahrung abgeleitete Erkenntniss, dass die Körper nur unterbrochene Raumerfüllung besitzen, war vollkommen hinreichend, um durch sie mit Hülfe der Gesetze, nach denen wir die Gegenstände zu sehen vermögen, zu erklären, wie es komme, dass uns Körper als durchsichtige Stücke Materie erscheinen, dass also der Verstand bei seinem Geschäfte des Sehens zu einem Resultate gelangt, das, wenn als richtig hingenommen, mit unserer Vernunft im Widerstreite steht *).

Oben (S. 14 u. 25) sagten wir, dass der Begriff Materie als Raumerfüllendes in der Erfahrung wurzele, dass er aus der Erscheinungsweise der Körperwelt hervorgegangen sei. Obgleich nun, wie eine genauere Erörterung verschiedener Eigenschaften der Körper erwiesen hat, die aus der empirischen Anschauung gewonnene Vorstellung von Körpern, als wären diese selbst schon Raumerfüllendes, keineswegs die richtige oder wahre ist, so liegt ihr doch das Wahre zu Grunde, dass die Körper Raumerfüllendes oder Materie als einen wesentlichen Bestandtheil enthalten und nur diesem

*) Es fehlt auch in gegenwärtiger Zeit keineswegs an Philosophen und Naturforschern, welche sich durch die Erscheinungsweise der Körper irre führen lassen und die Behauptung aufstellen, die Körper erfüllten die von ihnen eingenommenen Räume streng continuirlich. Die Volumenveränderungen erklären sie durch die Annahme, dass ein und dasselbe Quantum Materie bald einen grösseren, bald einen kleineren Raum ohne alle und jede Unterbrechung erfüllen könne. Für ihr Denken giebt es mithin verschiedene Grade vollkommener Raumerfüllung und enthält der Begriff durchsichtige Materie keinen Widerspruch. Eine derartige Ansicht oder Behauptung bedarf, meines Erachtens, keiner Widerlegung, und sie sei deshalb hier auch bloss erwähnt.

die Eigenschaft verdanken, als streng continuirliche, raumerfüllende Massen zu erscheinen. Zugleich ist es höchst interessant zu erkennen, dass der „gesunde Menschenverstand“ ohne Weiteres im Stande ist, aus der durch die Sinneswahrnehmung unmittelbar gewonnenen, aber noch mangelhaften Vorstellung von Körpern, sich doch sofort eine richtige Vorstellung von Materie zu bilden, so dass wir oben (S. 27) mit Recht behaupten konnten, keinem Menschen sei die Vorstellung Materie als Raumerfüllendes fremd, jeder bringe sie schon fertig, gleichsam von Haus aus, mit.

Indem wir von der Erscheinungsweise der Körperwelt ausgingen und dieselbe, wenn die Vernunft an ihrer Hand zu einem mit ihr nicht übereinstimmenden Resultate gelangte, nicht etwa als blossen Schein, dem alle objective Realität fehle, verwarfen, noch die Sinne, die ja nur als Werkzeuge für unsere Kenntnissnahme von der Aussenwelt dienen können, der Täuschung beschuldigten, vielmehr die Ursache eines etwaigen Widerspruches zwischen Vernunft und Erscheinungsweise in der Unvollkommenheit unserer Sinnesorgane und in dem falschen Gebrauche, den unser Geist von ihnen macht, aufsuchten: kamen wir nicht, wie so viele Philosophen, zu dem trostlosen, mit dem „gesunden Menschenverstande“ im Widerspruche stehenden Resultate, dass die Materie ein Nichts sei und die gesammte Körperwelt nur in unserem Gehirne existire, sondern gewannen die volle Ueberzeugung, dass dem Scheine ein Sein zu Grunde liege, und dass wir nur die Gesetze, nach denen die Aussenwelt auf unsere Sinne wirken und von uns mittelst dieser wahrgenommen werden muss, genau zu studiren nöthig haben, um durch Absonderung des Falschen von dem Wahren in der Erscheinungsweise zu einer wahren Erkenntniss der objectiven Aussenwelt zu gelangen. — Die objective Körperwelt kann weder durch die Sinneswahrnehmung allein, noch ohne deren Beihülfe durch die Vernunft, sondern nur durch ein Zusammenwirken Beider in Wahrheit erkannt werden. Unsere Sinneswahrnehmung und unsere Vernunft sind nämlich nicht gleich bei unserer Geburt mit der Fähigkeit ausgestattet worden, die wirkliche Beschaffenheit der

Aussenwelt ohne Weiteres zu erkennen, vielmehr müssen wir die Kunst, aus der Erscheinungsweise der Körperwelt die wirkliche Beschaffenheit derselben herauszulesen, erst durch Uebung und Erfahrung mühsam erlernen (vgl. S. 74, Anm.). Wenn nun die Vernunft nicht bloss die Mühe scheut, diese Kunst zu erlernen und selbige in immer höherem Grade sich anzueignen, sondern gleich von vornherein die Sinneswahrnehmung als trügerisch bezeichnet und zur Erreichung wahrer Erkenntniss als gänzlich unbrauchbar und unnütz verwirft, so beraubt sie sich gerade desjenigen Mittels, ohne welches ihr alle und jede wirkliche Erkenntniss der objectiven Welt unmöglich ist. Unternimmt sie es aber trotzdem, in Ueberschätzung ihrer eigenen Leistungsfähigkeit, aus sich selbst die Welt herauszuconstruiren, so entbehrt ihre vermeintliche Erkenntniss von derselben aller objectiven Unterlage und ist weiter nichts als ein Phantasiegebilde, an dem ernste Forscher keinen Gefallen finden können *). Wahre Naturforschung dagegen muss, wie wir be-

*) Wohin Philosophen durch Verachtung der Sinneswahrnehmung und Ueberschätzung ihrer Vernunft gelangen, wie sehr sie der Sinneswahrnehmung, dem gesunden Menschenverstande und selbst der Vernunft (freilich nicht ihrer, die ja von besonderer Art ist) Hohn sprechen, mag folgendes Beispiel erkennen lassen. Gewisse Philosophen bilden sich nämlich ein, die erfahrungsmässig gegebene Welt durch Annahme von s. g. „unräumlichen Realen“ erklären zu können, treten keck vor die Welt mit der Prätension, von Kathedern herab und durch ihre Schriften nicht bloss selber ihre Kunst zu produciren, sondern auch den übrigen Menschen das Kunststückchen zu lehren, aus diesen unräumlichen Realen z. B. den Raum abzuleiten, ihn zu construiren. Damit nun aber der Versuch kunstgerecht gelinge und man sie nicht etwa der Taschenspielerlei beschuldige, warnen sie ihre Zuhörer oder Leser vorerst vor jeder Selbsttäuschung, stellen an sie die Anforderung, ja von allem Räumlichen zu abstrahiren, und verbieten ihnen ausdrücklich, bei der Construction des Raumes aus Unräumlichem bewusst oder unbewusst in ihrer Vorstellung schon etwas Räumliches mitzubringen und bei der Construction einfließen zu lassen, während doch diese Herren Philosophen selbst nicht im Stande sind, diesen ihren Anforderungen Genüge zu leisten. Denn trotz dieser Warnung und dieses ausdrücklichen Verbotes verlangen sie von ihren Zuhörern und Lesern, sich die „unräumlichen Realen“ als „Kugeln und zwar als Kugeln ausgedehnt nach drei Dimen-

reits oben (S. 25 u. 26) ausgesprochen haben, fest an dem Grundsatz halten, die Erscheinungsweise so lange und insoweit als richtig und mit der Wirklichkeit übereinstimmend gelten zu lassen, als und inwieweit ein Widerspruch zwischen Beiden nicht nachgewiesen worden ist oder werden kann.

Das Resultat über die Erfüllungsweise in den Körpern, welches wir durch diesen Grundsatz geleitet aus dem Verhalten der letzteren gegen Druck und Wärme, aus den Volumenverhältnissen der chemischen Verbindungen und ihrer Bestandtheile gewannen, ward durch ihr Verhalten gegen einfallendes Licht vollkommen bestätigt. Da nun bei den Eigenschaften der Körper kein zufälliges Nebeneinandersein stattfindet, sondern dieselben als das Resultat zusammenwirkender Ursachen auf das innigste mit einander zu einem Ganzen verknüpft sind (S. 9), und wir durch Betrachtung nicht bloss einer einzigen, sondern mehrerer Eigenschaften

sionen“ vorzustellen, muthen ihnen ferner zu, diese unräumlichen Realen, zum Zwecke ihrer Construction, sich bald neben, bald in einander und zwar wieder bald ganz, bald nur theilweise in einander zu denken u. s. w., als ob die Begriffe oder Vorstellungen: „Kugeln“, „neben einander“, „in einander“, „theilweise in einander“ u. s. w. nicht schon räumliche Begriffe oder Vorstellungen wären. In der Erwartung, dass Jemand mit „gesundem Menschenverstande“ ein solches Kunststückchen nicht begreifen und lernen kann, ohne darin ein blosses Taschenspielerkunststückchen zu erblicken, suchen diese Herren Philosophen ihren Zuhörern und Lesern zu imponiren und rufen ihnen zu: ja, wenn ihr bei dieser Construction schon etwa selbst die Vorstellung von Räumlichem mit herein gebracht habt, so ist das eure Schuld, denn wir unsererseits haben euch dieses ausdrücklich verboten (dieses Verbot gilt aber natürlich nur für die Lernbegierigen, nicht für die Meister selbst); wenn ihr aber bei Wiederholung eine solche Construction durchaus nicht begreifen könnt, so ist das eben ein Zeichen, dass ihr noch nicht hinreichend dazu vorgebildet seid. — Nun das Schicksal mag jeden Menschen vor einer solchen Vorbildung bewahren! — Wie wenig solche Philosophen in Folge ihres einseitigen Standpunktes befähigt sind, zu einer richtigen Auffassung der objectiven Körperwelt zu gelangen, bedarf keiner weiteren Erörterung, sie können in dieser Beziehung eben nur Verwirrung anrichten.

immer wieder zu derselben Erkenntniss gelangten, so liegt kein Grund vor, an ihrer Richtigkeit Zweifel zu hegen.

Bevor wir nun unsere Untersuchungen weiter fortsetzen, wollen wir im folgenden Kapitel die Eigenschaften der Materie und der Körper, so weit hier möglich, kurz besprechen und zusammenstellen.

Materie und Körper.

Allgemeine Eigenschaften derselben.

Körper und Materie kommen in der Natur nirgends getrennt oder gesondert von einander, sondern stets zusammen vor, so dass es keine Materie ausserhalb der Körper und keine Körper ohne Materie giebt, die Materie vielmehr nur in Form von Körpern sich darstellt und zur Erscheinung kommt. Daraus darf man aber keineswegs auf eine Identität von Körper und Materie schliessen; Beide sind vielmehr, wie auch bereits unsere Untersuchungen dargethan haben, wesentlich von einander verschieden. Um nun leicht übersehen zu können, worin Beide mit einander übereinstimmen, und wodurch sie sich von einander unterscheiden, wollen wir, so weit die vorausgegangenen Erörterungen erlauben oder hierzu veranlassen, ihre gemeinsamen und unterscheidenden Merkmale aufsuchen und zusammenstellen.—

Sowohl Körper als Materie haben mit dem Raume die Eigenschaft gemein, nach allen Seiten hin ausgedehnt zu sein. Während aber die Ausdehnung des letzteren als unbegrenzt oder unendlich gross gedacht werden muss, besitzen jene nur eine begrenzte oder endliche Ausdehnung; sie sind deshalb aber nicht etwa bloss begrenzte Raumtheile (wie die geometrischen Körper), sondern Dinge, die sich im Raume befinden und einen solchen nicht nur (etwa wie der Schatten bei Mondfinsternissen u. s. w.) einnehmen, sondern ihn auch in irgend einer Weise erfüllen. Beide unterscheiden sich von einander aber ganz wesentlich durch die Art und Weise, wie sie den von ihnen eingenommenen Raum

erfüllen: die Materie erfüllt denselben nämlich vollkommen, ein Körper dagegen nur unvollkommen.

Von der Materie können wir daher sagen, es komme ihr die Eigenschaft vollkommener Raumerfüllung zu, d. h. sie erfülle den Raum, welchen sie als Materie einnimmt, nicht bloss theilweise, sondern ganz und gar, ohne alle und jede Unterbrechung. — Dass ein bereits vollkommen erfüllter Raum zu gleicher Zeit nicht zum zweiten oder wiederholten Male erfüllt werden kann, ist ganz selbstverständlich (S. 28). Ein bestimmtes Quantum Materie kann daher den Raum, welcher ihr als Materie zukommt, oder welchen sie vollkommen erfüllt, nicht mit einem andern Quantum Materie so theilen, dass sie beide zu gleicher Zeit vollständig in demselben enthalten wären, sondern muss entweder dem Eindringen des letzteren weichen oder es von der Besitznahme dieses Raumes ausschliessen. Diese Eigenschaft der Materie, ihren Raum in der angegebenen Weise ausschliesslich zu behaupten, bezeichnet man mit dem Namen Undurchdringlichkeit der Materie; sie ist aber, wie wir so eben gesehen haben, nur eine nothwendige Folge der vollkommenen Raumerfüllung.

Den Körpern dagegen kommt die Eigenschaft unvollkommener Raumerfüllung zu, d. h. sie erfüllen die von ihnen eingenommenen Räume mit ihrer Materie nur unterbrochen oder so, dass in ihnen leere und erfüllte Raumtheile mit einander abwechseln. Durch diese Eigenschaft unterscheiden sie sich vorzugsweise und sehr wesentlich von der Materie; denn die leeren Zwischenräume in den Körpern gehören zu dem Wesen derselben. Lassen wir nämlich aus der Vorstellung „Körper“ die leeren Räume verschwinden, so geht sie über in die Vorstellung von einem grösseren Stücke Materie. — Während aber in jedem bestimmten Körper das Quantum Materie oder erfüllten Raumes dasselbe bleibt, ist das Quantum leeren Raumes keineswegs constant, sondern sehr veränderlich, indem die leeren Räume, besonders in Folge äusserer Einflüsse, wie z. B. beim Wechsel der Temperatur und des auf dem Körper lastenden Druckes, an Grösse bald zu-, bald wieder abneh-

men. Die Körper besitzen also auch die Eigenschaft der Veränderlichkeit ihres Volumens, welche man gewöhnlich mit den Namen „Zusammendrückbarkeit“ und „Ausdehnbarkeit“ bezeichnet. Diese Eigenschaft ist zwar keine nothwendige Folge der unvollkommenen Raumerfüllung, setzt solche aber als nothwendige Bedingung voraus. Die Veränderlichkeit des Volumens der Körper steht, wie oben (S. 39 u. 40) bereits ausführlich erörtert worden ist, in ganz entschiedenem Widerspruche mit einer ihnen beigelegten Undurchdringlichkeit in der vorhin angegebenen Bedeutung. Wir können daher nur sagen: den Körpern kommt die Eigenschaft der Durchdringlichkeit in höherem oder niederem Grade zu. Da indess der Begriff „Durchdringlichkeit,“ sofern darunter nur Volumenverminderung verstanden wird, bereits unter den Begriff „Veränderlichkeit des Volumens“ fällt, so sollte man ihn, in diesem (uneigentlichen) Sinne genommen, ganz fallen lassen und ihn so fassen, wie es der eigentlichen und wahren Bedeutung des Wortes entspricht, also unter Durchdringlichkeit der Körper diejenige Eigenschaft derselben verstehen, in ihre leeren Zwischenräume andere Körper oder fremde Materie aufnehmen zu können, oder durch den von ihnen eingenommenen Raum solchen den Durchgang zu gestatten. Die Durchdringlichkeit der Körper, obgleich keine nothwendige Folge der in ihnen vorhandenen leeren Zwischenräume, findet dennoch ihre Erklärung nur in dem Vorhandensein letzterer. — Der Begriff „Porosität der Körper“ auf sein richtiges Maass zurückgeführt (S. 40—42), sagt nichts mehr, als bereits in dem Begriffe „unvollkommene Raumerfüllung“ liegt, und muss deshalb hier als überflüssig bezeichnet werden.

Der Raum ist sowohl für die Existenz der Körper wie für die der Materie eine nothwendige Bedingung, für die Körper aber zugleich auch noch ein wesentlicher Bestandtheil, was er für die Materie nicht ist. Der Begriff „Körper“ erfordert also als wesentliche Merkmale: materielle Theilchen und leere Räume. Dadurch ist derselbe indess noch keineswegs erschöpft; denn zur Bildung eines Körpers

genügt kein blosses Nebeneinandersein von materiellen Theilchen und leeren Räumen, vielmehr ist hierzu eine gesetzmässige Vereinigung Beider zu einem Ganzen, oder eine gesetzmässige Verbindung der materiellen Theilchen in einem gegebenen Raume erforderlich. Damit eine gesetzmässige Vereinigung der beiden Faktoren: Raum und Materie, zu einem Ganzen erfolgen kann, muss zu ihnen noch die Kraft als dritter Faktor hinzutreten.

Inwieweit stimmen nun Materie und Körper in ihrem Verhalten zur Kraft mit einander überein, und inwieweit unterscheiden sie sich von einander durch ihr Verhalten zu derselben?

Während der Raum als unbeweglich und unveränderlich gedacht werden muss, können Materie und Körper in Folge der Einwirkung von Kraft eine Ortsveränderung erleiden oder in Bewegung gesetzt werden. Man kann daher sagen, sowohl der Materie als den Körpern komme die Eigenschaft der Beweglichkeit zu, hat hiebei aber zu beachten, dass die Materie diese Eigenschaft nur in einem, die Körper dagegen in zweifachem Sinne besitzen. Es kann nämlich ein Körper als Ganzes eine Bewegung erleiden, während es sich recht gut denken lässt, dass seine Theile unter oder gegen einander dieselbe Lage oder Vertheilung beibehalten, d. h. sich zu einander in relativer Ruhe befinden; es können aber die Theile eines Körpers, wie die Veränderlichkeit seines Volumens beweist, den Zustand der relativen Ruhe auch verlassen und in Bewegung übergehen, während der Körper selbst als Ganzes seinen Ort im Raume unverändert beibehält. Eine nothwendige Bedingung zu dieser zweiten Art von Bewegung, die ein Körper erleiden kann, ist die Gegenwart von leeren Räumen in seinem Innern *). Der Materie, welche in ihrem Innern keine leeren

*) Die Beweglichkeit der Körper in ihrem Innern braucht nicht identisch mit der Veränderlichkeit ihres Volumens zu sein; denn es lässt sich wohl denken, dass bei gleichbleibendem Volumen eine Bewegung der materiellen Theilchen stattfindet; wohl aber ist hier wie dort die Gegenwart von leeren Zwischenräumen eine nothwendige Bedingung.

Räume besitzt, fehlt deshalb auch diese Art von Beweglichkeit.

Die Materie als Raumerfüllendes oder als blosser Stoff, obgleich das Bewegliche im Raume, kann sich doch nicht selbst, aus eigenem Antriebe, in Bewegung setzen, sondern erleidet eine solche erst in Folge einer Einwirkung der Kraft; ist ihr jedoch einmal durch Einwirkung letzterer eine Bewegung ertheilt worden, so behält sie solche auch so lange unverändert bei, bis dieselbe durch Einwirkung einer andern Kraft entweder verändert oder auch gänzlich vernichtet wird. Man sagt daher, die Materie besitze die Eigenschaft der Trägheit oder Beharrlichkeit, d. h. die Unfähigkeit ihren Zustand der Ruhe oder der Bewegung aus eigenem Antriebe aufzugeben und abzuändern. — Gleiche Quanten Materie verlangen, um unter übrigens gleichen Umständen in gleichen Zustand der Bewegung versetzt zu werden, die Einwirkung von gleichen Kräften; auf ungleiche Quanten Materie müssen also, wenn sie mit gleicher Geschwindigkeit bewegt werden sollen, unter sonst gleichen Umständen Kräfte wirken, welche den Quanten der Materie proportional sind; d. h. mit andern Worten: das Beharrungsvermögen ist bei aller Materie gleich und der Quantität derselben proportional. Die Körper verdanken diese Eigenschaft der Trägheit oder Beharrlichkeit ihrem materiellen Inhalte, und ihr Beharrungsvermögen ist proportional dem Quantum ihrer Materie.

Nichts desto weniger lehrt die Erfahrung, dass die Körper das Bestreben haben, sich einander zu nähern, indem der eine von dem andern angezogen wird. Dieses Streben der Körper nimmt zu und ab mit ihrer Masse oder mit der Quantität ihrer Materie. Da dieses, so weit unsere Erfahrung reicht, bei allen Körpern und unter allen Umständen der Fall ist, so schliesst man (S. 46), dass die Ursache dieser Erscheinung in einer aller Materie innewohnenden oder inhärirenden Anziehungs- oder Attractionskraft zu suchen sei. Und in der That kennt die Naturwissenschaft keine einzige Erscheinung, welche der Richtigkeit des all-

gemein anerkannten Satzes widerspräche, dass die Materie in Folge einer ihr innewohnenden Kraft, welche dem Quantum derselben proportional ist, die Eigenschaft gegenseitiger Anziehung besitze. Da die Körper diese Eigenschaft gegenseitiger Anziehung nur ihrem materiellen Inhalte verdanken, so muss die anziehende Kraft eines Körpers seiner Masse oder dem Quantum seiner Materie proportional sein.

Eine blosser Folge, oder vielmehr nur ein specieller Fall dieser gegenseitigen Anziehung der Materie ist die Schwere der auf der Erde befindlichen Körper und Materie (S. 46 ff.).

Da die Körper aus materiellen Theilchen bestehen und diese sich in Folge der ihnen innewohnenden Kraft gegenseitig anziehen müssen, so würde, wenn diese Kraft allein in den Körpern wirksam wäre, eine Annäherung der materiellen Theilchen bis zur gegenseitigen Berührung die nothwendige Folge sein. Da dieser Fall aber nicht eintritt, so muss in den Körpern eine andere Ursache angenommen werden, welche dieser Anziehung entgegenwirkt und die materiellen Theilchen in gewissen Entfernungen von einander hält. Manche Naturforscher haben diese Ursache in einer zweiten der Materie innewohnenden Kraft, welche sie Repulsivkraft nennen, gesucht. Was an dieser Ansicht Wahres, und was daran Falsches ist, werden wir weiter unten genauer erörtern.

Je nach der Verschiedenheit des Verhältnisses, in welchem diese beiden Ursachen, Anziehung und Repulsion, in den Körpern zur Wirksamkeit kommen, wird im Allgemeinen die Grösse des Zusammenhaltes oder der Cohärenz der Körper verschieden sein. Je mehr nämlich unter übrigens gleichen Umständen in einem Körper die Anziehung vorwaltet und die Repulsion zurücktritt, einen desto grösseren Widerstand vermag er der Trennung seiner kleinsten Theilchen entgegenzusetzen; je mehr dagegen die Repulsion wächst oder auch die Anziehung abnimmt, als desto geringer wird jener Widerstand sich erweisen. Die Cohärenz ist nun, wie die Erfahrung lehrt, bei keinem Körper unbegrenzt, sondern kann bei jedem durch die uns zu Ge-

bote stehenden Mittel leichter oder schwerer überwunden werden; d. h. sämtliche Körper, die wir kennen, besitzen die Eigenschaft der Theilbarkeit. Bis zu welchen Grenzen absoluter Grösse nun aber bei den einzelnen Körpern das Theilen getrieben werden kann, hat man noch nicht anzugeben vermocht; und auf dem Wege der Empirie (allein) wird diese Grenze auch nie zu ermitteln sein; denn über gewisse Grenzen hinaus ist unsere Sinneswahrnehmung, selbst mit den besten uns zu Gebote stehenden Hilfsmitteln, nicht mehr im Stande, dem Geschäfte des Theilens in der Weise zu folgen, dass sie über den erreichten Grad desselben uns Rechenschaft zu geben vermöchte. Aus unseren Untersuchungen ergab sich, dass die Körper aus materiellen Theilchen und leeren Räumen bestehen. Wäre nun in einem speciellen Falle die Theilung bis zu dem Grade gediehen, dass die materiellen Theilchen als solche endlich vorlägen, so hätte das Theilen des Körpers als eines solchen natürlich sein Ziel oder Ende erreicht; denn sollte nichts desto weniger das Theilen fortgesetzt werden, so beträfe diese Theilung ganz offenbar nicht mehr den Körper als solchen, sondern schon seine materiellen Theilchen, d. h. die Materie selbst. Eine natürliche Grenze der Theilbarkeit der Körper ist also in ihren materiellen Theilchen gegeben. Die Beantwortung der Frage, ob auch diese Theilchen, d. h. die Materie selbst, noch theilbar sind oder nicht, müssen wir den folgenden Untersuchungen vorbehalten.

Es möge nun noch eine gedrängte Uebersicht derjenigen Eigenschaften folgen, welche der Materie und den Körpern gemeinsam sind, so wie derer, welche entweder bloss der Materie, oder bloss den Körpern zukommen.

Eigenschaften, welche der Materie und den Körpern gemein sind: Ausdehnung, Raumerfüllung im weiteren Sinne, Beweglichkeit, Trägheit oder Beharrlichkeit, Beharrungsvermögen, Anziehung (Schwere).

Eigenschaften, die nur der Materie zukommen: vollkommene Raumerfüllung, Undurchdringlichkeit, Untheilbarkeit (?).

Eigenschaften, die nur den Körpern zukommen: unvollkommene Raumerfüllung (materielle Theilchen und leere Räume), Durchdringlichkeit, Veränderlichkeit des Volumens (Ausdehnbarkeit und Zusammendrückbarkeit), Theilbarkeit.

Wird das Wesen der Körper schon durch ihren materiellen Inhalt allein bedingt?

Ein mächtiges Hemmniss für einen raschen und sicheren Fortschritt in Ergründung des Wesens der Körper lag von jeher und liegt noch gegenwärtig in dem Umstande, dass sich uns die Körper wegen der Unvollkommenheit unserer Sinneswahrnehmung nicht so darstellen, wie sie zufolge ihrer wirklichen Beschaffenheit bei einer vorausgesetzten Vollkommenheit unserer Sinnesorgane in der That von uns wahrgenommen werden müssten. Es kann daher, wie wir gezeigt haben, auch nur durch ein genaues Studium der Eigenschaften der Körper und durch eine umsichtige Kritik der empirischen Anschauung gelingen, aus der durch unmittelbare Sinneswahrnehmung gewonnenen Vorstellung von Körpern das Falsche vom Wahren zu sondern und so mit Hülfe der Vernunft eine richtige Vorstellung von denselben zu gewinnen. Unter so bewandten Umständen darf man sich nicht wundern, dass die Somatologie in ihrer Entwicklung noch so weit hinter den übrigen naturwissenschaftlichen Zweigen zurückgeblieben ist. Hätte die Astronomie gleich anfänglich mit derartigen Schwierigkeiten und Hemmnissen zu kämpfen gehabt, sie würde gegenwärtig das nicht sein, was sie ist. Indess, sie hatte gleich von allem Anfange an vor der Somatologie unter Anderm den Vortheil voraus, dass sich für die empirische Anschauung z. B. die Glieder des Planetensystems darstellten als gesonderte, in grossen Entfernungen von einander befindliche Einzeldinge, und sich als in steter Bewegung begriffen zu erkennen gaben. Wie ganz anders dies in der Somatologie! Der em-

pirischen Anschauung verdankt letztere für ihren Zweck nur ein höchst undeutliches, verschwommenes Bild von den Einzelheiten eines Körpers, das keine gesonderten, von einander entfernten materiellen Theilchen in demselben zeigt, noch viel weniger erkennen lässt, ob diese Theilchen in Ruhe verharren oder in Bewegung begriffen sind. Die Astronomen konnten mit Hülfe des Gesichtssinnes die Bewegung der Himmelskörper verfolgen und genaue Messungen anstellen, um die Bahnen jener Körper zu bestimmen. Diese Bahnbestimmungen dienten wiederum dem unsterblichen Newton zur Auffindung derjenigen Kräfte, welche die Planeten bewegen und in ihren Bahnen erhalten, so wie zur Entdeckung des Gesetzes ihres Zusammenwirkens. Auf eine solche unmittelbare Unterstützung durch den Gesichtssinn für ähnliche Zwecke muss dagegen die Somatologie verzichten und kann, wenn sie nicht zuvor oder doch gleichzeitig auf anderen Wegen nachgewiesen hat oder nachweist, dass die materiellen Theilchen in den Körpern sich wirklich bewegen, an eine Entdeckung des Gesetzes einer solchen Bewegung nicht denken. Vorläufig wissen wir dem Vorausgegangenen zufolge nur so viel, dass die materiellen Theilchen eines Körpers sich in gewissen Entfernungen von einander befinden, und dass ein Etwas, das wir Kraft nennen, diese Theilchen von einander entfernt hält und sie zugleich durch ihre Wirkung zu einem solchen Ganzen verbindet, dem wir den Namen Körper geben.

Zur Bildung eines Körpers gesellt sich demnach zu den materiellen Theilchen und leeren Räumen die theils trennend, theils verbindend wirkende Kraft als dritter das Wesen des Körpers mitbedingender Factor. Ihm haben wir von nun an in unsern Untersuchungen über das Wesen der Körper eine ganz besondere Aufmerksamkeit zu widmen.

Hier stoßen wir aber gleich Eingangs auf eine keineswegs unbedeutende Schwierigkeit und zugleich auf einen so genannten Prinzipienstreit, der das Wesen der Kraft selbst betrifft. Wie es nämlich keine Körper ohne Materie und keine Materie ausserhalb der Körper giebt, eben so giebt es

keine Körper ohne Kraft, und können wir die Wirkung der letzteren nur an Körpern oder vermittelt solcher wahrnehmen (vergl. Einl. S. 1). Diesen letzteren Umstand hat man sowohl früher, wie auch wieder neuerdings benutzt, um daraus die Behauptungen abzuleiten, entweder dass Kraft und Materie gar nicht von einander verschieden, Beide vielmehr vollkommen identisch seien, oder doch dass man die Kraft nur als ein Attribut der Materie, als eine ihr inhärende, unzertrennlich mit ihr verbundene Eigenschaft, oder auch als eine blossе Wirkung derselben zu betrachten habe.

Durch die vorausgegangenen Untersuchungen haben wir uns hinlänglich überzeugt, dass aus dem Umstande, dass Materie nicht ausserhalb der Körper, und Körper nicht ohne Materie existiren, noch keineswegs auf eine Identität Beider geschlossen werden darf. Eben so darf man aus dem Umstande, dass es keine Körper ohne Kraft giebt und die Wirkung der letzteren nur an Körpern oder mittelst solcher wahrgenommen werden kann, noch keineswegs auf eine Identität von Kraft und Materie schliessen. Die Behauptung, dass die materiellen Theilchen blossе Kraftpunkte wären, ist eben weiter nichts als eine Behauptung, für welche noch keine beweisführenden Gründe aus den Naturerscheinungen beigebracht werden konnten (vergl. S. 23—24, 62 Anm. u. 71).

Ferner zwingt jener Umstand auch noch lange nicht zu der Schlussfolgerung, dass die Kraft *) bloss eine der Materie inhärende, unzertrennlich mit ihr verbundene Eigenschaft wäre. Die Ansicht, dass sie es sei, darf man nun aber auch keineswegs als einen neuen Gedanken, als eine Erfindung betrachten, die wir erst den grossartigen Anstrengungen und Leistungen der neuesten Naturwissenschaft, namentlich der neuesten Chemie zu verdanken hätten. Nichts weniger als dies; denn weit entfernt, eine neue Idee zu sein, gehört sie bereits der älteren Chemie an und wurde da, mit nur sehr vereinzelt, sich verlierenden Ausnahmen,

*) Man übersehe nicht, dass hier von Kraft überhaupt, nicht etwa von einer besonderen Art die Rede ist.

theils unbewusst, theils mehr oder weniger deutlich bewusst als richtig vorausgesetzt, als ein Axiom oder Grundsatz, der keines weiteren Beweises bedürfe, hingenommen. Für die Geschichte der Chemie ist sie von ausserordentlich grosser Bedeutung; denn sie hat auf den ganzen Entwicklungsgang dieser Wissenschaft selbst bis in unsere Tage herein einen grossartigen, mächtig bestimmenden Einfluss geübt. Demnach müssen wir sie als eine von der älteren Chemie auf die neueste überkommene Erbschaft betrachten. Vor ihrer Annahme oder Verwerfung erst ihren Werth oder Unwerth auf das gewissenhafteste zu prüfen und darüber zu entscheiden, gebietet uns einerseits die Pietät, die wir den älteren Chemikern schuldig sind, so wie andererseits das Interesse, das wir an der Fortentwicklung der Wissenschaft zu nehmen haben. — Würde sich jene Ansicht als die richtige erweisen, so wäre das ganze Wesen eines Körpers schon durch seinen materiellen Inhalt allein bedingt, und die Chemie würde auf dem von ihr seither betretenen Wege der qualitativen und quantitativen Erforschung jenes Inhaltes ihre Aufgabe vollständig zu lösen im Stande sein; erwiese sie sich dagegen, wenn nicht gänzlich (eine Erwartung, welche schon die grossartigen Leistungen der Chemie verbieten), so doch theilweise als unrichtig, so würde folgen, dass die Chemiker auf dem von ihnen bislang betretenen Wege allein ihr erwünschtes Ziel nicht zu erreichen vermögen, mithin unter Beibehaltung ihrer seitherigen Untersuchungsmethoden noch eine neue Richtung in ihren Forschungen einzuschlagen hätten.

Mit der oben angegebenen Ansicht über das Verhältniss von Kraft und Materie wollen wir nun die von der Naturwissenschaft und namentlich von der Chemie selbst gelieferten Thatsachen vergleichen.

Aus einem unzertrennlichen Verbundensein von Kraft und Materie müsste man folgern, dass mit letzterer immer auch erstere mitgegeben wäre. Da nun aus gleichen Ursachen immer auch gleiche Wirkungen entspringen, so würde folgen, dass das Wesen eines Körpers schon durch seine materielle Zusammensetzung allein bedingt und folglich in

der chemischen Formel, welche seinen materiellen Inhalt nach Qualität und Quantität repräsentirt, ausgesprochen wäre.

In der That sah man es lange Zeit in der Chemie als eine sich von selbst verstehende Wahrheit, als einen Grundsatz an, dass verschiedene Körperspecies einen der Qualität oder doch wenigstens dem quantitativen Verhältnisse nach verschiedenen materiellen Inhalt nothwendig besitzen müssten. In Folge dessen glaubte man den Grund, wesshalb der kohlensaure Kalk in der Natur bald als Kalkspath, bald wieder als Aragonit auftritt, in einer fremden Substanz, welche dem kohlensauren Kalk in einem dieser Körper beigemengt sei, suchen zu müssen, und glaubte ihn endlich aufgefunden zu haben, als man im Aragonit, wenn nicht immer, so doch bisweilen Beimengungen oder Spuren von kohlensaurer Strontianerde entdeckte. Der Gegenwart dieser Erde im Aragonit schrieb man die Ursache zu, weshalb der kohlensaure Kalk nicht in den hexagonalen, und zwar rhomboedrischen Formen des Kalkspathes habe auftreten können, sondern gezwungen gewesen sei, in rhombischen Krystallen zu erscheinen. Diese Ansicht schien eine Bestätigung in dem Umstande zu finden, dass die kohlensaure Strontianerde in der Natur als Strontianit in Formen des rhombischen Krystallsystems erscheint, welche denen des Aragonites ähnlich sind. Von der Richtigkeit jener Ansicht war man so fest überzeugt, dass man die kohlensaure Strontianerde selbst dann als einen wesentlichen, die Krystallform bedingenden Bestandtheil des Aragonites annahm, wenn sich von ihr auch keine Spur in diesem Minerale nachweisen liess. Den Grund, weshalb die chemischen Untersuchungen des Aragonites nicht überall zu dem erwarteten Resultate führten, suchte man nicht sowohl in der Abwesenheit der Strontianerde, als vielmehr in der Mangelhaftigkeit der chemischen Prüfungsmittel; diese sollte uns an der Entdeckung der kleinsten Mengen jener Erde, die noch bestimmend auf die Krystallform wirken könnten, verhindern. Dadurch entzog man die Entscheidung über die streitige Frage mit einem Male der chemischen Analyse. So glaubte

man die Ansicht, dass das ganze Wesen eines Körpers schon in seinem materiellen Inhalte mitgegeben sei, gegen alle Angriffe chemischer Untersuchungen gesichert, sie gerettet zu haben. Da machte Berzelius die schöne und so wichtige Entdeckung, dass Kalkspathkrystalle beim Erhitzen über einer Spirituslampe in eine Menge mikroskopischer Aragonitkrystallchen zerfallen, und H. Rose lehrte uns die hie mit übereinstimmende und die Sache in noch helleres Licht stellende Thatsache kennen, dass man den kohlensauren Kalk durch Fällen aus kalten Lösungen als mikroskopische Kalkspathkrystalle, aus heissen Lösungen dagegen in Formen des Aragonites erhält. — Hieraus geht klar hervor, dass der kohlensaure Kalk an und für sich in Formen zweier Krystallsysteme erscheinen kann, also dimorph ist, und dass der Grund, weshalb er bald in Formen des einen, bald in Formen des andern Systemes auftritt, nicht sowohl in der Gegenwart oder Abwesenheit von kohlensaurer Strontianerde, als vielmehr in einer Verschiedenheit der Temperatur, bei welcher er krystallisirt, gesucht werden muss.

Die Beobachtung dieser Thatsache kam sehr unverhofft und war von dem damaligen Standpunkte der Naturwissenschaft aus nicht erwartet, nicht vorhergesehen worden. Die Wichtigkeit der Entdeckung jedoch und das grosse Ansehen jener Chemiker, welche sie gemacht hatten, lenkten sehr bald die Aufmerksamkeit anderer der Erscheinung des Dimorphismus zu und veranlassten zu weiteren Untersuchungen in der angebahnten Richtung. Ein vorzügliches Verdienst erwarb sich aber Mitscherlich in dieser Hinsicht um die Wissenschaft durch seine ausgedehnten, sorgfältig angestellten und genau ausgeführten Untersuchungen.

Wie zu erwarten stand, erwies es sich, dass der kohlensaure Kalk als dimorphe Verbindung nicht vereinzelt da stehe, vielmehr lernte man in kurzer Zeit eine nicht geringe Anzahl anderer dimorpher Verbindungen kennen. Wir wollen hier jedoch von den vielen nur noch das schwefelsaure Nickeloxyd anführen, welches nach den Untersuchungen Mitscherlich's in drei wesentlich von einander

verschiedenen Krystallformen erscheint oder trimorph ist, nach den neueren Untersuchungen von Marignac dagegen nur zu den dimorphen Verbindungen gezählt werden darf. Dasselbe krystallisirt nämlich, nach den Angaben des letzteren Chemikers, mit 41% Wasser ($\text{NiO SO}_3 + 6 \text{ aq.}$) bei 30 bis 40° C in quadratischen, bei 50 bis 70° C dagegen in monoklinoedrischen Formen. Letztere Krystalle bleiben, wenn die Temperatur nicht unter 40° C herabsinkt, durchsichtig, werden aber bei gewöhnlicher Temperatur, ohne einen Gewichtsverlust zu erleiden, also ohne Wasser zu verlieren, allmählig undurchsichtig, indem sich höchst wahrscheinlich Aggregate quadratischer Krystalle bilden.

Die Erscheinung, dass Körper von völlig gleichem materiellen Inhalte wesentlich verschiedene Krystallformen besitzen, oder die Erscheinung des Dimorphismus beschränkt sich nun keineswegs auf solche Substanzen, die wir bereits mit Sicherheit als aus ungleichartigen Bestandtheilen zusammengesetzt, d. h. als chemische Verbindungen erkannt haben, sondern dehnt sich auch aus auf die sogenannten chemisch einfachen Substanzen oder sogenannten chemischen Elemente, d. h. auf diejenigen Substanzen, welche bis jetzt noch nicht weiter in ungleichartige Bestandtheile zerlegt werden konnten.

Der Kohlenstoff z. B. erscheint theils amorph oder formlos als gewöhnliche schwarze Kohle, theils krystallisirt, und zwar entweder in Formen des hexagonalen Krystallsystemes als Graphit, oder in tesserale Gestalten als Diamant, also abgesehen von dem amorphen Zustande in zweierlei wesentlich von einander verschiedenen Formen. — Die Verschiedenheit der Bedingungen bei der Bildung des Graphites und des Diamanten ist uns noch unbekannt. Wir sind zwar im Stande, amorphen Kohlenstoff in Graphit umzuwandeln; denn geschmolzenes Gusseisen vermag davon eine beträchtliche Menge zu lösen, die sich beim Erstarren des Eisens grösstentheils wieder und zwar als Graphit ausscheidet; allein wir kennen noch nicht die Bedingungen, unter welchen sich der Diamant gebildet hat oder

sich vielleicht noch bildet *). Französische Chemiker geben zwar an, dass sich bei lange fortgesetztem Leiten electrischer Ströme durch Kohlenspitzen mikroskopisch kleine Diamanten erhalten lassen; indess möchten diese Angaben doch noch einer Bestätigung bedürfen.

Besser sind wir dagegen beim Schwefel über die Verschiedenheit der Bedingungen unterrichtet, unter welchen er wesentlich verschiedene Krystallformen annimmt, und haben es bei ihm sogar völlig in unserer Gewalt, ihn nach und nach mit verschiedenen morphologischen und physikalischen Eigenschaften auftreten zu lassen. Der natürlich vorkommende Schwefel erscheint nämlich in Formen des rhombischen Systems und zwar gewöhnlich in spitzen rhombischen Pyramiden. Lässt man Schwefel schmelzen und langsam erkalten oder sublimiren, so bilden sich durchsichtige, prismatische Krystalle des monoklinoedrischen Systemes, die jedoch nach und nach rissig und undurchsichtig werden, indem sie sich in Aggregate rhombischer Pyramiden umwandeln, also die Krystallform des natürlich vorkommenden Schwefels annehmen. Wenn er sich dagegen bei nicht hoher Temperatur aus seinen Lösungen, z. B. aus einer solchen in Schwefelkohlenstoff ausscheidet und krystallisirt, so erscheint er, wie der natürlich vorkommende, in rhombischen Pyramiden. Wie neuerdings E. Royer nachgewiesen hat, kann jedoch der Schwefel auch bei seiner Ausscheidung aus Lösungsmitteln je nach Verschiedenheit der

*) Ueber die Entstehungsart des Diamanten sind die Ansichten der Naturforscher sehr getheilt, indem einige behaupten, dass er organischen Ursprunges sei, andere dagegen meinen, dass er sich aus geschmolzenem Kohlenstoff gebildet habe u. s. w. — M. Becquerel ist nicht abgeneigt, den Grund, weshalb wir gewöhnliche Kohle noch nicht in Diamanten überzuführen vermochten, in einem ihr anhaftenden fremden Stoffe zu suchen; er sagt nämlich: „Bis jetzt hat man ihn [den Kohlenstoff] noch nicht im weissen Zustande erhalten können. Sollte dieser Zustand nicht von einer Anordnung der Körpertheilchen herrühren, welche wir nicht wieder hervorbringen können, oder von einem Bestandtheile, welcher von der Kohle noch nicht hat getrennt werden können?“ S. seine „Grundzüge der Electro-Chemie“ (Aus dem Franz.) 1848, p. 185.

Umstände in wesentlich verschiedenen Krystallformen auftreten. Wurde nämlich eine Auflösung von Stangenschwefel in Terpentinöl bis zum Siedepunkte des Lösungsmittels erhitzt, hierauf durch Ausgiessen in ein kaltes Gefäss rasch abgekühlt, so erhielt Royer lange prismatische Krystalle des monoklinoedrigen Systemes, ähnlich wie man sie beim langsamen Erstarren des geschmolzenen Schwefels erhält; wurde dagegen die Auflösung langsam abgekühlt, so schieden sich rhombische Pyramiden aus. Bei anderen Versuchen, wo das Gefäss mit der heissen Lösung in kalter Luft sich mässig rasch abkühlte, bildeten sich längliche Krystalle, welche Royer indess doch nicht als eigentlich monoklinoedrische betrachtete. Wurden Schwefelblumen mit einer zur vollständigen Lösung unzureichender Quantität Terpentinöl in einem Bade von gesättigter Kochsalzlösung längere Zeit erhitzt, so wandelte sich die ganze Menge des Schwefels allmählig in monoklinoedrische Prismen um *). — Der Schwefel lässt sich nun ferner noch im amorphen Zustande erhalten. Kühlt man nämlich geschmolzenen, dickflüssigen Schwefel nicht langsam, sondern sehr rasch ab, indem man ihn z. B. in kaltes Wasser giesst, so erstarrt er zu einer formlosen, weichen, knetbaren Masse von brauner Farbe. In diesem Zustande verharrt er oft längere Zeit hindurch, geht dann aber allmählig wieder in den krystallisirten Zustand über.

Ausser bei diesen eben angeführten sogenannten Elementen ist der Dimorphismus schon bei einer verhältnissmässig grossen Anzahl anderer, sei es nun mehr oder weniger bestimmt, nachgewiesen worden; und es lässt sich erwarten, dass nur wenige, wenn sie überhaupt den starren Zustand annehmen, sich der Erscheinung des Dimorphismus **) entziehen werden.

*) S. H. Kopp u. H. Will's Jahresbericht über die Fortschritte der Chemie u. s. w. für 1859, p. 81 u. 82.

**) Eine chemische Verbindung oder chemisch einfache Substanz heisst monomorph, dimorph, polymorph, je nachdem sie nur in wesentlich einerlei, oder je nachdem sie in zwei oder mehreren wesent-

Die angeführten Versuche sind in hohem Grade geeignet, unsere Einsicht in das Wesen der Körper zu erweitern, indem sie uns über gewisse im Innern derselben stattfindende Vorgänge Aufschluss gewähren und uns eine Ursache erkennen lassen, durch welche die Erscheinungsweise oder die Eigenschaften der Körper mitbedingt werden. Wie allgemein bekannt ist und bereits oben (S. 35 ff.) erwähnt wurde, ist der Aggregatzustand eines Körpers von dem jedesmaligen Wärmegrade, dem er ausgesetzt ist, mit abhängig, und jede Temperaturveränderung zieht eine Volumenveränderung der Körper nach sich, so dass die letzteren bei den fortwährenden Temperaturschwankungen fast ununterbrochen an Volumen bald zu - bald wieder abnehmen und folglich die gegenseitige (durchschnittliche) Entfernung ihrer materiellen Theilchen als in steter Veränderung begriffen betrachtet werden muss. Durch die vorhin angegebenen Versuche erfahren wir nun, dass ferner auch noch die Krystallformen der Körper in einer Abhängigkeit zu der Wärme stehen, indem einestheils durch den Einfluss der letzteren ein und derselbe materielle Inhalt je nach Verschiedenheit der beim Krystallisationsacte stattfindenden Temperatur veranlasst wird oder werden kann, bald in dieser, bald in jener Krystallform zu erscheinen, und indem anderntheils jede von einer Substanz angenommene Krystallgestalt an ein bestimmtes Intervall von Temperaturgraden gebunden ist.

Eine solche Erkenntniss würde für die Wissenschaft von nur wenig Belang sein, wenn die Krystallform eines Körpers bloss etwas Aeusserliches, ihm gleichsam nur von aussen Eingepprägtes wäre; allein weit entfernt bloss dies zu sein, ist sie vielmehr ein aus dessen Innerem Hervorgegangenes, aus dem Zusammenwirken der ihn erzeugenden Ursachen Entsprungenes und steht mit den sämtlichen Eigenschaften, mit dem ganzen Wesen des Körpers im innigsten Causalnexus. — Wenn wir z. B. sehen, dass ein in höherer

lich von einander verschiedenen Krystallformen auftreten kann. Was man nun unter Monomorphismus, Dimorphismus, Polymorphismus einer Substanz zu verstehen habe, ergiebt sich hieraus von selbst.

Temperatur gebildetes monoklinoedrisches Prisma des Schwefels bei einem niedrigeren Wärmegrade allmählig undurchsichtig und rissig wird, indem es sich in eine Menge kleiner, spitzer, rhombischer Pyramiden umwandelt, die, wenn auch verschieden an absoluter Grösse, doch in ihren relativen Dimensionen, so wie in allen übrigen Eigenschaften auf das genaueste mit einander übereinstimmen, wenn wir ferner beobachten, dass der amorphe Schwefel mit der Zeit seine braune Farbe mit einer gelben vertauscht, indem er rissig wird und aus ihm lauter kleine rhombische Pyramiden entstehen: so erkennen wir, dass im Schwefel, während er seinen starren Zustand behauptet, eine gesetzmässige Veränderung in der Vertheilung seines materiellen Inhaltes oder in der Anordnung seiner materiellen Theilchen nothwendig stattfinden muss. Eine Veränderung in der Anordnung der materiellen Theilchen ist nun aber ohne eine sie begleitende Bewegung gänzlich undenkbar *). Die grosse Gesetzmässigkeit der, aus dem veränderten Einflusse der Wärme hervorgegangenen, Krystallgestalt des Körpers nöthigt uns, auf eine gleich gesetzmässige Veränderung in der Anordnung der materiellen Theilchen und folglich auch auf eine gleiche Gesetzmässigkeit der dieselbe begleitenden und sie bedingenden Bewegung zu schliessen **). Als Ursache

*) Diese Veränderung kann nun Folge entweder einer eintretenden oder einer bloss modificirten Bewegung der materiellen Theilchen sein. Geht man nämlich von der Ansicht aus, dass, wenn ein bestimmter materielle Inhalt eine gewisse Krystallgestalt angenommen hat, die materiellen Theilchen sich in Ruhe befinden, so muss man den Uebergang zu einer andern Krystallform oder eine Veränderung in der Anordnung der materiellen Theilchen von einer eintretenden Bewegung ableiten; ist dagegen die Ansicht die richtige, dass die materiellen Theilchen der Körper gar nicht in Ruhe verharren, sondern in fortwährender Bewegung begriffen sind, so kann eine Veränderung in der Krystallgestalt nicht erst von dem Eintritte einer Bewegung, sondern muss von einer blossen Aenderung oder Modification derselben abhängig sein.

**) Von dem Walten der strengsten Gesetzmässigkeit bei der Bildung der Krystalle kann man sich sehr leicht überzeugen, wenn man beobachtet, wie in Auflösungen chemischer Verbindungen, z. B. des Alauns, die Krystalle sich bilden, und in welcher Weise sie an Grösse zunehmen.

einer solchen Bewegung kann hier nur die Wärme oder das sie Bewirkende angesehen werden.

Wie nun das Entstehen einer Krystallgestalt, so ist auch ihr Fortbestehen und mithin die mit ihr in nächster Beziehung stehende Anordnungsweise der materiellen Theilchen von gewissen Wärmegraden abhängig, doch so, dass das Temperaturintervall, innerhalb dessen ein Krystall entsteht, im Allgemeinen wenigstens, enger ist, als dasjenige, innerhalb dessen er, wenn einmal entstanden, fortbestehen kann, sei Letzteres nun für immer oder nur für eine beschränkte Zeit. — Der Aragonit z. B., welcher sich in der Siedehitze des Wassers bildet, kann auch bei gewöhnlicher Temperatur und zwar, wie sein natürliches Vorkommen beweist, für immer bestehen; der Kalkspath hinwiederum, als welcher sich der kohlen saure Kalk aus seinen Auflösungen bei gewöhnlicher Temperatur ausscheidet, darf, so viel wir

Sobald nämlich die Bildung eines Krystalles beginnt, bemerkt man, häufig schon mit blossem Auge, besser aber unter dem Mikroscope, in der Flüssigkeit pfeilschnelle Bewegungen, gleichsam ein Schiessen der materiellen Theilchen in verschiedenen Richtungen nach einem bestimmten Punkte hin. Häufig sieht man, dass schon die kleinste, erkennbare Ansammlung von Alaunsubstanz einen fertigen Krystall vorstellt, ein vollständiges Oktaeder bildet, dem an der Vollendung seiner Form durchaus nichts mehr fehlt. Lässt man ihn grösser werden, so ändern sich wohl seine absoluten, nicht aber seine relativen Dimensionen, und ist er auf jedem Stadium seiner Entwicklung immer wieder ein vollkommenes Oktaeder. Zuweilen erblickt man zwar, besonders mit Hülfe eines guten Mikroskopes, nicht sofort einen vollständig fertigen Krystall, sieht dafür aber, wie sich zunächst seine Umrisse bilden, und wie sodann in wundervoller Gesetzmässigkeit die Ansetzung der Substanz und Ausfüllung des Krystalles erfolgt. Sein Wachsen geht in der vorhin angegebenen Weise vor sich. Begegnet endlich unser Auge in der Flüssigkeit einem sogenannten Haufwerke von Krystallen, so ist das, wie man sich bei genauerer Betrachtung sehr leicht überzeugt, nicht etwa ein blosses, buntes Ineinander und Durcheinander, sondern eine gesetzmässige Verbindung und Verwachsung, in welcher die höchste Symmetrie herrscht. Wir treffen hier in der Krystallwelt des Wunderbaren und Mannigfaltigen, aber doch immer Gesetzmässigen so viel, wie die Sternenwelt, wenn auch grossartiger in ihren Erscheinungen, uns wohl kaum zu bieten im Stande sein dürfte.

wissen, wenigstens für kürzere Dauer noch etwas über die niedrigste Temperaturgrenze, bei welcher sich Aragonit noch zu bilden vermag, erhitzt werden, ohne in letzteren Körper sich umzuwandeln. — Die in höherer Temperatur gebildeten monoklinoedriscen Schwefelkrystalle halten sich zwar bei gewöhnlicher Temperatur einige Zeit lang, werden aber nach und nach rissig und undurchsichtig, indem eine Umwandlung in rhombischen Schwefel vor sich geht. — Die monoklinoedriscen Krystalle des schwefelsauren Nickeloxydes, welche sich zwischen 50 und 70° C bilden, behaupten ihre Existenz über 40° C; sinkt aber die Temperatur unter letzteren Grad herab, so werden sie, wenn auch nicht plötzlich, so doch nach und nach undurchsichtig und rissig, indem höchst wahrscheinlich Krystalle eines anderen Systemes resultiren. — Leider sind in dieser Richtung bis jetzt nur äusserst wenige chemische Verbindungen und Elemente untersucht worden und können uns die angestellten Untersuchungen über viele Details noch nicht die gewünschte Auskunft ertheilen; doch immerhin sind sie sehr dankbar anzuerkennen, da sie bereits hinreichen, um die Wichtigkeit ihrer Fortsetzung für die Erforschung des Wesens der Körper unzweifelhaft darzuthun.

Die Wärme übt also den mitgetheilten Erfahrungen zufolge sowohl bei dem Krystallisationsacte auf die Entstehung als nach demselben auf den Fortbestand der Krystallgestalten einen im hohen Grade bestimmenden Einfluss. Erstreckte sich nun derselbe bloss auf die morphologischen, nicht aber auch zugleich auf die physikalischen Eigenschaften, so wäre er in somatologischer Hinsicht oder in Rücksicht auf das Wesen der Körper eben nicht besonders hoch anzuschlagen. Allein es ist bereits ausser allen Zweifel gesetzt, dass bei den dimorphen und polymorphen Substanzen mit jeder Aenderung der morphologischen Eigenschaften auch eine Aenderung der physikalischen eintritt. Der Grund dieser Erscheinung liegt darin, dass die Anordnungsweise der materiellen Theilchen nicht bloss die Krystallform bedingt, sondern auch zugleich auf die physikalischen Eigenschaften einen bedingenden Einfluss übt. Man kann daher

stets von einer wesentlichen Verschiedenheit der Krystallgestalt oder der aus dem Innern hervorgegangenen äusseren Form der Körper ohne Weiteres auch auf eine wesentliche Verschiedenheit der physikalischen Eigenschaften, so wie auf eine solche in der inneren Beschaffenheit der Körper schliessen.

So ist es z. B. eine hinlänglich festgestellte Thatsache, dass die optischen Eigenschaften, die wir an krystallisirten Körpern wahrnehmen, in der allerengsten, unmittelbarsten Beziehung zu deren morphologischen Eigenschaften stehen. Ich erinnere hier nur an die optische Einaxigkeit und Zwei-axigkeit verschiedener, krystallisirter Mineralien. — Die Geschichte der Krystallographie lehrt, mit wie grossen Schwierigkeiten die Deutung der Krystallgestalten hin und wieder verknüpft ist, und dass die Krystallformen mancher Körper lange Zeit eine ganz andere Deutung erhielten, als sie in der That beanspruchen. Da waren es denn nicht selten gerade optische, an den Krystallen beobachtete, Erscheinungen, welche an der Richtigkeit der bisherigen Deutung Zweifel erregten, zu genauen Untersuchungen veranlassten und so endlich zu einer richtigeren Auffassung der betreffenden Krystallformen hinführten. Für den Krystallographen sind die optischen Eigenschaften der Körper auch bereits ein sehr wichtiges Hülfsmittel zur genaueren Erforschung der morphologischen Eigenschaften, so wie für den Mineralogen zur Bestimmung verschiedener Mineralspecies geworden.

Den Nachweis eines gesetzmässigen Zusammenhanges zwischen den morphologischen Eigenschaften der Körper und gewissen Erscheinungen, welche die Wärme an denselben hervorbringt, verdanken wir den eifrigen Forschungen Mitscherlich's, welcher uns durch seine interessanten und genauen Versuche lehrte, dass die Ausdehnung, welche ein Krystall durch den Einfluss der Wärme nach verschiedenen Richtungen hin erleidet, im innigsten Connex mit dem Verhältnisse seiner Axen steht. Dieser Forscher fand nämlich, dass die Krystalle des Tesseralsystemes sich nach allen Richtungen gleichmässig, die des Tetragonal- und Hexago-

nalsystems dagegen in der Richtung der Hauptaxe in einem andern Verhältnisse ausdehnen als in den übrigen Richtungen, und dass bei den Krystallen der übrigen vier Systeme die Ausdehnung nach jeder ihrer Axen verschieden ist. — Die ausdehnende Wirkung der Wärme findet also in den Krystallen des Tesseralsystemes nach allen Richtungen hin einen gleichen, in denen der übrigen Systeme dagegen nach verschiedenen Richtungen hin einen verschiedenen Widerstand. Der Grund dieses Widerstandes selbst muss aber in dem der bereits bestehenden Anordnungs- und Verbindungsweise der materiellen Theilchen innewohnenden, ihr eigenthümlichen Streben, sich dem störenden Einflusse der Wärme gegenüber zu behaupten, gesucht werden, welches Streben entweder nach allen Richtungen mit gleicher oder nach verschiedenen Richtungen mit verschiedener Stärke sich bethätigt oder wirksam ist.

Der Widerstand, welchen ein krystallisirter Körper den von aussen auf ihn wirkenden, die Cohärenz seiner Theilchen aufhebenden Einflüssen, wie z. B. dem Eindringen eines Messers, Meissels u. s. w. entgegen setzt, wird durch dasselbe Gesetz bedingt, welches auch die Anordnungs- und Verbindungsweise der materiellen Theilchen beherrscht und den gegebenen materiellen Inhalt zur Annahme einer bestimmten, regelmässigen, äussern Form veranlasst oder zwingt. Die Erfahrung lehrt nun auch in der That, dass die Spaltbarkeit der Körper mit der Krystallgestalt der letzteren in einem wunderbar gesetzmässigen Zusammenhange steht. Denn es ist eine höchst merkwürdige und für das Studium des inneren Baues der Körper äusserst wichtige Erscheinung, dass jeder Krystall nach denselben Richtungen auch dieselben Grade der Cohärenz besitzt, also dem Versuche seine Theilchen zu trennen denselben Widerstand entgegensetzt oder in denselben Richtungen auch gleich schwer, resp. gleich leicht sich spalten lässt; dass dagegen nach verschiedenen Richtungen auch verschiedene Grade, so wie nach gewissen Richtungen weit geringere Grade der Cohärenz als nach anderen Richtungen anzutreffen sind. In der auffallendsten Weise giebt sich aber der

gesetzmässige Zusammenhang zwischen den Cohärenzverhältnissen und der morphologischen Beschaffenheit der Körper darin kund, dass diejenigen Richtungen, welche die Minima der Cohärenz darstellen, stets normal auf den Flächen einer von denjenigen Formen sind, welche der betreffenden Krystallreihe angehören, oder dass die Spaltungsflächen des Körpers eben solchen Krystallflächen parallel liegen (vergl. weiter unten S. 124f.). — Der Umstand, dass die Minima der Cohärenz in ganz bestimmten, mit der Krystallform selbst in unmittelbarer Beziehung stehenden Richtungen liegen und in diesen durchweg angetroffen werden, so dass in Folge dessen Spaltungsflächen hervorgebracht werden können, lässt auf das unzweifelhafteste erkennen, dass die Verbindungsweise der materiellen Theilchen zu einem solchen Ganzen, das wir Krystall nennen, eine im höchsten Grade gesetzmässige sein muss. Denn wäre sie es nicht, so würde überhaupt von Richtungen, welche durchweg dieselben Grade der Cohärenz zeigten, nicht im mindesten die Rede sein können, vielmehr würden gleiche Cohärenzgrade, wenn solche innerhalb eines Krystalles ja vorhanden wären, an den verschiedensten, unregelmässig durch einander und zerstreut liegenden Stellen, nicht aber in bestimmten Richtungen und zwar durchweg anzutreffen, folglich auch keine Spaltungsflächen möglich sein.

Erscheint gleicher materielle Inhalt in wesentlich verschiedenen Krystallformen, so sind gleiche Quantitäten von ihm auf ungleiche Raumquanten vertheilt, so dass verschiedene specifische Gewichte resultiren. Sollte nun ja auch hie und da der Fall vorkommen, dass letztere bei einer gewissen Temperatur zusammenfielen, so würden sie doch, da Krystalle von wesentlich verschiedenen Formen ungleiche Ausdehnungsverhältnisse besitzen, bei jeder andern Temperatur sich bald wieder als verschieden erweisen.

Aehnliches liesse sich von der specifischen Wärme sagen, welche gleichem materiellen Inhalte nach Annahme wesentlich verschiedener Krystallformen zukommt.

Wiewohl wir bis jetzt noch nicht im Stande sind, aus den morphologischen Eigenschaften der Körper die physi-

kalischen abzuleiten und ihren Zusammenhang im Einzelnen zu erkennen, so ist ein solcher doch unleugbar vorhanden. Man kann nun zwar nicht sagen, dass die physikalischen Eigenschaften von den morphologischen abhängig seien, wohl aber, dass beide in einer Abhängigkeit zu dem Gesetze stehen, welches die Anordnungs- und Verbindungsweise der materiellen Theilchen beherrscht.

Es ergiebt sich demnach, dass jedem Krystall ein ihm eigenthümlicher und ihn charakterisirender Inbegriff morphologischer und zugleich physikalischer Eigenschaften zukommt. Man hat daher ganz passend die Krystalle als die eigentlichen Individuen der anorganischen Welt bezeichnet. Alle Individuen, welchen ein gleicher Inbegriff morphologischer und physikalischer Eigenschaften zukommt, werden einer und derselben Körperspecies, Individuen dagegen, welche sich in diesen ihren Eigenschaften wesentlich von einander unterscheiden, verschiedenen Körperspecies zugezählt.

Hiernach kann es durchaus nicht mehr zweifelhaft sein, welche Bedeutung der Dimorphismus und Polymorphismus chemischer Verbindungen und Elemente für deren Somatismus *) hat, d. h. für deren Eigenschaft als bestimmte Körper erscheinen zu können. — Indess wollen wir, um das Gesagte noch an einem speciellen Falle gleichsam zu veranschaulichen, die sogenannten drei Modificationen des Kohlenstoffes besprechen.

Diamant, Graphit und gewöhnliche schwarze Kohle (natürlich im reinen Zustande) sind, wenn wir sie bloss in Rücksicht auf ihren materiellen Inhalt ins Auge fassen, weiter nichts als Kohlenstoff, also stofflich völlig identisch, weichen aber trotzdem in ihren morphologischen und physikalischen Eigenschaften so bedeutend von einander ab, dass es Nie-

*) Wir wollen eine chemische Substanz monosomatisch, disomatisch, polysomatisch nennen, je nachdem sie nur als ein Körper, oder je nachdem sie als zwei oder mehrere verschiedene Körper zu erscheinen vermag. Was man nun unter Monosomatismus, Disomatismus u. s. w. einer Substanz zu verstehen hat, ergiebt sich hieraus von selbst.

manden einfallen kann, ihnen somatische Identität beizulegen, sie folglich in eine einzige Körperspecies zu verweisen und vielleicht nur als blosse Varietäten derselben zu betrachten. Oder wer könnte etwa meinen, dass Diamant und Graphit in somatischer Beziehung identisch wären?

Vergleicht man die Eigenschaften des Kohlenstoffes in seinen verschiedenen Erscheinungsweisen mit einander, so begegnet man da einer sehr grossen Verschiedenheit. So deutet gleich die Verschiedenheit der specifischen Gewichte eine verschiedene Art der Raumerfüllung an. Denn während das specifische Gewicht des Diamanten $= 3,5$ ist, beträgt das des Graphites nur $2,5$ und das der amorphen Kohle noch weniger, etwa nur $1,5$. Letztere enthält mithin nur etwa $\frac{3}{7}$ und der Graphit $\frac{5}{7}$ so viel Materie als der Diamant in einem gleichen Volumen. Lässt man nun den Kohlenstoff als Element und seine materiellen Theilchen als kugelförmig gelten, so würden, wenn man das specifische Gewicht der Materie $= 136$ setzt, sich die kleinsten durchschnittlichen Entfernungen (δ) der materiellen Theilchen im Diamanten, Graphit und in der gewöhnlichen schwarzen Kohle zu einander verhalten wie $3,469 : 4,109 : 5,243$, oder die durchschnittlichen Centradistanzen wie $5,469 : 6,109 : 7,243$ (vergl. S. 65—67). — Hierdurch ist indess die Verschiedenheit in der Erfüllungsweise noch keineswegs vollständig charakterisirt. Denn, wie schon die äusseren Gestalten, die Krystallformen andeuten, ist die Anordnungs- und Verbindungsweise der materiellen Theilchen im Diamanten wesentlich verschieden von der im Graphite und zwar so, dass aus jener Formen des tesseralen, aus dieser Formen des hexagonalen Krystallsystemes resultiren müssen. Was äusserlich die Krystallformen anzeigen, wird vollständig durch die Cohärenzverhältnisse im Innern der Körper bestätigt. Denn während der Diamant sich am leichtesten parallel zu den Oktaederflächen spalten lässt, also das Minimum seiner Cohärenz in solchen Richtungen zeigt, welche normal zu den Oktaederflächen oder, was dasselbe heisst, parallel den trigonalen Zwischenaxen sind, ist beim Graphite die vollkommenste Spaltbarkeit parallel der hexago-

nen Basis, also das Minimum seiner Cohärenz parallel zur hexagonalen Hauptaxe anzutreffen. Es muss also im Innern des Diamanten offenbar ein ganz anderes Gesetz walten, welches die Anordnung und Verbindung der materiellen Theilchen beherrscht, als im Graphit.

Die Verschiedenheit in der Quantität der Materie und in der Anordnungs- und Verbindungsweise der materiellen Theilchen oder die Verschiedenheit in den specifischen Gewichten und in den Krystallformen wird begleitet von einer Verschiedenheit in den übrigen Eigenschaften. Der Kohlenstoff als Diamant ist der härteste von allen Körpern, durchsichtig in hohen und mittleren Graden, farblos (wasserhell) und bricht das Licht ausserordentlich stark, als Graphit ist er weich, abfärbend, undurchsichtig, dunkel bleigrau und endlich als gewöhnliche Kohle weich, undurchsichtig und schwarz. Die specifische Wärme wurde gefunden beim Diamanten $= 0,14687$, beim Graphit $= 0,20187$, bei der Holzkohle $= 0,24150$. — Schon die grosse Verschiedenheit in den optischen Eigenschaften des Diamanten und des Graphites zwingt zu der Annahme, dass die materiellen Theilchen in jenem nach einem ganz andern Gesetze angeordnet sind als in diesem. Die Härtegrade des Diamanten und des Graphites sind Folge ihrer verschiedenen Cohärenz, deren Verhältnisse wiederum, wie wir gesehen, mit der Krystallform und folglich auch mit der Vertheilungsweise der Materie im innigsten Causalnexus stehen.

Es ist hiernach ganz unverkennbar, dass Diamant und Graphit trotz ihrer materiellen Identität doch sehr wesentlich in ihren morphologischen und physikalischen Eigenschaften von einander abweichen, dass einem jeden von ihnen ein ihm eigenthümlicher, ihn unterscheidender und charakterisirender Inbegriff von Eigenschaften zukommt und folglich jeder als eine selbstständige Körperspecies aufgefasst und anerkannt werden muss. — Was man von Kohlenstoff und seinen Erscheinungsweisen als richtig anerkennt, dasselbe muss man, wenn nicht alle Consequenz beiseite gesetzt werden soll, auch bei den übrigen Substanzen und ihren Erscheinungsweisen als richtig gelten lassen.

Wie man mit Recht vom Kohlenstoff als von einer Substanz, nicht aber, wenigstens nicht im Sinne der descriptiven Naturwissenschaften, so wie der Somatologie und der wissenschaftlichen Chemie, als von einem Körper spricht, eben so hat man unter Schwefel, wenn von ihm nur im Allgemeinen die Rede ist, weiter nichts als eine Substanz, aber durchaus noch keinen Körper zu verstehen. Denn wiewohl man sich keine Substanz ohne eine Summe chemischer Merkmale richtig denken kann, so muss man doch bei ihr von allen morphologischen und physikalischen Eigenschaften vollständig abstrahiren. Dagegen involviret die Vorstellung oder der Begriff von einem Körper oder einer Körperspecies ausser einer Summe chemischer noch einen bestimmten Inbegriff morphologischer und physikalischer Merkmale. Rhombischer Schwefel und monoklinoedrischer Schwefel sind daher eben so gut wie Diamant und Graphit zwei wesentlich von einander verschiedene Körper, zwei Körperspecies; denn einem jeden von ihnen kommt ein ihm eigenthümlicher, ihn unterscheidender und charakterisirender Inbegriff morphologischer und physikalischer Eigenschaften zu; während die Substanz Schwefel nur die Fähigkeit besitzt, unter gewissen Umständen den Inbegriff von morphologischen und physikalischen Eigenschaften entweder des einen oder des andern dieser Körper anzunehmen und folglich entweder als der eine oder als der andere zur Erscheinung zu kommen *).

Was vom Kohlenstoff und Schwefel gilt, genau dasselbe gilt von allen übrigen di- und polymorphen Substanzen; und als ganz unbestreitbar richtig muss der Satz anerkannt werden, **dass der Dimorphismus und der Polymorphismus stets mit**

*) Um die wesentliche, aber noch nicht klar erkannte Verschiedenheit des rhombischen Schwefels vom monoklinoedrischen Schwefel anzuzeigen, wählte Berzelius zur Bezeichnung dieser verschiedenen Körper ganz passend den der damaligen Sachkenntniss entsprechenden und damals allein berechtigten Ausdruck „Modificationen des Schwefels.“ Diesen Ausdruck sollte man nunmehr fallen lassen, nicht etwa trotz der Pietät, sondern wegen wohl verstandener Pietät, die wir Berzelius, dem grossen Förderer der Wissenschaft schuldig sind.

Disomatismus und Polysomatismus verknüpft sind, d. h. dass das Erscheinen einer und derselben chemischen Substanz in zwei oder mehreren krystallographisch wesentlich verschiedenen Formen nur so stattfinden kann, dass sie auch zugleich zwei oder mehrere wesentlich von einander verschiedene Körper darstellt.

Da, wie wir gesehen haben, die Erfahrung lehrt, dass ein und derselbe materielle Inhalt, je nachdem er bei verschiedener Temperatur krystallisirt oder zur Individualisirung gelangt, wesentlich verschiedene morphologisch-physikalische Eigenschaften annehmen, also specifisch verschiedene Körper darstellen kann, so folgt, dass materielle Identität noch keine somatische Identität bedingt, dass vielmehr neben ihr recht gut somatische Verschiedenheit bestehen kann und sogar nicht selten thatsächlich besteht. Es muss daher die Frage, ob das Wesen eines Körpers schon durch seinen materiellen Inhalt allein bedingt sei, mit aller Entschiedenheit verneint werden.

Die Richtigkeit dieser Schlussfolgerung könnten nur diejenigen Naturforscher bestreiten, welche etwa noch der Ansicht wären, dass die Ursache der Wärmeerscheinungen einem **Wärmestoffe** zugeschrieben werden müsste, welcher mit der wägbaren Materie chemische Verbindungen einginge *). Es wären nach dieser Ansicht z. B. rhombischer

*) In der That findet diese Ansicht noch in unsern Tagen Anhänger und Verfechter, wovon z. B. folgende Schrift Zeugniß giebt: *L'Atomisme opposé au Dynamisme dans la solution des grandes questions de chimie et de physique* par Émile Martin, de Vervins. 1862. Es heisst daselbst p. 11: Les deux électricités, le calorique, la lumière, et quel qu'il soit, l'éther qui remplit les espaces interplanétaires et l'atmosphère, sont des fluides impondérables, très-subtils et très-élastiques, qui possèdent l'état éthéré. Auf p. 19 wird uns mitgetheilt, dass von diesen imponderablen Körpern nur die negative Electricität und die positive wirklich chemisch einfach sind; denn es heisst: Les corps impondérables simples, tels que nous les avons reconnus par leurs combinaisons, sont au nombre de deux seulement, savoir:

L'électrile, ou électricité négative;

L'éthérile, ou électricité positive.

Schwefel und monoklinoedrischer Schwefel Verbindungen von Schwefel mit verschiedenen, aber bestimmten Quantitäten Wärmestoff. Die bis jetzt aufgestellten chemischen Formeln der Körper würden mithin keinen Anspruch darauf erheben können, die materielle Zusammensetzung derselben zu repräsentiren, da sie ja einen äusserst wichtigen, den Somatismus in hohem Grade mitbedingenden materiellen Bestandtheil, den Wärmestoff, gänzlich unberücksichtigt gelassen.

Um also die chemischen Formeln zu wirklichen Repräsentanten des materiellen Inhaltes der Körper zu machen, müsste in ihnen noch die Quantität des Wärmestoffes als eines materiellen Bestandtheiles dem Gewichte nach angegeben werden *). Obgleich dieses nicht gelungen ist, so schrieb und schreibt man dennoch diesem hypothetischen Wärmestoffe chemische Attractionskraft zu, in

Ces deux éléments impondérables diffèrent essentiellement l'un de l'autre par leurs tendances à des unions chimiques contraires; l'éthérile attire à lui, pour l'union chimique, six des soixante-quatre corps élémentaires pondérables et semble repousser les autres; l'électrile, au contraire, attire les cinquante-huit autres et repousse les six premiers.

El ist das chemische Zeichen für negative Electricität, Et das für positive (S. 43).

Die chemische Zusammensetzung der Wärme und des Lichtes wird p. 55 ff. angegeben:

Calorique, symbole C*. Lumière, symbole L*.

Le calorique et la lumière sont des corps contestés par les physiciens dynamistes de notre temps; selon eux ce ne peut être qu'un effet passager du mouvement vibratoire de l'éther;

Pour nous le calorique et la lumière sont des corps composés impondérables, dont les éléments sont deux corps simples d'affinités différentes, l'éthérile et l'électrile.

*) Prof. Meissner in Wien hat nun allerdings behauptet, der Wärmestoff besäße eine nachweisbare, wägbare Schwere, und den Versuch gewagt, in den chemischen Formeln der Körper die Quantität des vermeintlichen, chemisch gebundenen Wärmestoffes zu berücksichtigen. Wie wenig ihm dieses geglückt ist, zeigt sein „Neues System der Chemie, 1835.“ Immerhin bleibt aber sein Versuch wegen der zu Grunde liegenden Consequenz aner kennenswerth.

Folge deren er sich in bestimmten quantitativen Verhältnissen mit den Körpern verbinde. Aus dem Umstande, dass nach erfolgter Wärmebindung oder nach eingetretener Temperaturerhöhung keine Gewichtszunahme der Körper hat nachgewiesen werden können, haben einige Naturforscher sich die Schlussfolgerung erlaubt, dass der Wärmestoff nicht, wie die übrige Materie, den Gesetzen der Schwere unterworfen sei, andere dagegen nur, dass er zwar mit der übrigen Materie die Eigenschaft der Schwere theile, aber von so feiner Beschaffenheit sei und in so geringen Mengen in den Körpern vorkomme, dass es unsern Wagen an Empfindlichkeit fehle, um einen Zutritt oder Abgang von Wärmestoff anzeigen zu können.

In ähnlicher oder gleicher Weise wollte man einst das Phlogiston retten; doch es ward mit Hülfe der Wage aus dem Gebiete der Wissenschaft verbannt und in das Reich der Phantasien verwiesen.

Wenn Anhänger der Hypothese vom Wärmestoffe diesem eine der übrigen Materie zukommende Eigenschaft absprechen, aber gleichwohl für die Materialität der Wärme keine andern und zwar haltbaren Gründe beizubringen vermögen, so verrathen sie ihre eigene Hypothese und haben sie in Wahrheit schon selbst, wenn auch unbewusst, aufgegeben und im Stiche gelassen. Denn der Kunstgriff, zu dem sie ihre Zuflucht nehmen, kennzeichnet sich nur zu deutlich als Griff nach einem blossen Phantome. — Wenn Andere dagegen dem Wärmestoffe zwar die Eigenschaft der Schwere belassen, ihn aber aus dem oben angegebenen Grunde für unwägbare halten, so werden sie durch die Erscheinung des Di- und Polymorphismus zu dem sonderbaren Resultate geführt, dass eine so äusserst kleine Quantität des Wärmestoffes, die sich aller und jeder Wägung entzöge, eine so auffallende und so grosse somatische Wirkung äussern sollte. An eine Vergleichung zwischen ihm und der übrigen Materie bezüglich ihrer somatischen Wirksamkeit wäre auch nicht im entferntesten zu denken.

Der Grund, weshalb die Hypothese vom Wärmestoffe sich selbst bis in unsere Tage herein erhalten hat, obgleich

man demselben die Eigenschaft der Schwere absprechen oder letztere bei ihm doch für unnachweisbar erklären musste, liegt in der Erscheinung der so genannten gebundenen oder latenten Wärme. Wird nämlich ein starrer Körper der Einwirkung einer verstärkten Wärme ausgesetzt, so dehnt er sich aus, erhöht aber zugleich auch seine Temperatur bis zum Punkte des beginnenden Schmelzens. Von da an bleibt trotz der vermehrten Wärme seine Temperatur so lange auf demselben Punkte stehen, bis seine ganze Menge den tropfbarflüssigen Zustand angenommen hat. Hierauf steigt bei fortgesetzter stärkeren Einwirkung der Wärme die Temperatur des tropfbarflüssig gewordenen Körpers wieder unausgesetzt bis zu dem Punkte, wo er zum Sieden gelangt. Abermals tritt in der Temperaturzunahme ein Stillstand ein; vermehrte Wärme bewirkt keine Temperaturerhöhung, sondern nur eine Umwandlung des tropfbarflüssigen Zustandes in den dampf- oder luftförmigen. Ist diese Umwandlung vollendet, so wird eine Wärmevermehrung auch wieder durch eine Temperaturerhöhung angezeigt. — Die Quantität Wärme, welche zur Umwandlung des festen Zustandes in den tropfbarflüssigen und dieses in den dampfförmigen, mithin zur Umwandlung der inneren Beschaffenheit der Körper verbraucht wird, folglich nicht auch zugleich ausserhalb derselben, z. B. auf unser Gefühl wirken kann, nennt man gebundene oder latente Wärme. — Geht der dampfförmige Zustand wieder in den tropfbarflüssigen und dieser in den festen zurück, so muss nothwendig eine Aenderung in der inneren Beschaffenheit der Körper stattfinden; die Wärmequantitäten, welche zur Herbeiführung des umgekehrten Prozesses nothwendig waren, vertauschen ihre Wirkung im Innern der Körper mit einer solchen nach aussen und können sich folglich auch wieder unserem Gefühle bemerkbar machen. Man sagt alsdann die gebundene Wärme werde wieder frei.

Wenn man aus dieser Erscheinung folgerte, dass die Ursache der Wärmeerscheinungen einem mit chemischer Attractionskraft begabten Wärmestoffe zugeschrieben werden müsse, der sich mit der übrigen (wägbaren) Materie in be-

stimmten quantitativen Verhältnissen verbinde, so erlaubte man sich eine Schlussfolgerung, zu der man durchaus nicht berechtigt war. Die Ungereimtheiten, zu welchen sie, wie wir gesehen, hinführt, kennzeichnen sie auch hinreichend als einen Fehlschluss.

Da gewisse Wärmeerscheinungen ganz unbestreitbar als Analoga der optischen durch die Wissenschaft nachgewiesen worden sind und die Wärme als Bewegungsprinzip in den Gewerben und im Verkehr eine so ausgedehnte Anwendung findet, so muss derjenige, welcher sie nicht als Bewegung *) auffasst, ihr Wesen in der That gänzlich verkennen. — Die ihr zu Grunde liegende Ursache, d. h. das Bewegende oder Bewegung Anstrebende, nennen wir Kraft. Wenn die Veränderungen, welche die Wärme bei ihrer so genannten Bindung innerhalb der Körper bewirkt, sich nicht bis ins Innere derselben als Bewegungsphänomene von unserm Auge verfolgen lassen, so liegt der Grund hiervon in der inneren Beschaffenheit der Körper und in der Unvollkommenheit unseres Sehorgans, nicht aber darin, dass die Wärme aufhörte Bewegung zu sein. Und verbirgt sich uns denn die Wirkungsweise der Wärme im Innern der Körper so gänzlich, giebt sie sich als Bewegung nicht durch ihre Wirkung nach aussen hin ganz deutlich zu erkennen? Oder setzt nicht etwa der Uebergang des starren Zustandes in den flüssigen, des flüssigen in den dampfförmigen, so wie die dabei stattfindende Volumenveränderung nothwendig eine Bewegung im Innern der Körper, eine Bewegung der materiellen Theilchen voraus? — Dass zur Hervorbringung einer jeden bestimmten Veränderung oder zur Vollen- dung einer bestimmten Arbeit auch ein bestimmtes Maass von Wärme oder ein bestimmter Kraftaufwand erforderlich ist, versteht sich ganz von selbst. — Die Erscheinung der sogenannten gebundenen Wärme, auf welche wir wegen ihrer Wichtigkeit für die Somatologie im Kapitel „über Mikromechanik“ zurückkommen werden, bietet durchaus keine

*) Was sich unserm Gefühle als Wärme zu erkennen giebt, ist in Wirklichkeit nichts Anderes als Bewegung.

irgendwie haltbaren Gründe, um darauf die Hypothese vom Wärmestoffe stützen zu können *).

Kommt also der Wärme keine Materialität zu, so sind die chemischen Formeln bei ihrer jetzigen Beschaffenheit derartig, dass sie in der That den materiellen Inhalt der Körper repräsentiren. Der Grund des Disomatismus und Polysomatismus einer chemischen Verbindung oder eines s. g. Elementes kann daher nicht in der Materie, sondern muss in einer Verschiedenheit des **dynamischen Verhältnisses**, unter dessen Einflusse oder Herrschaft die materiellen Theilchen stehen, gesucht werden.

Indem wir die Erscheinung des Di- und Polymorphismus in Rücksicht auf die somatische Bedeutung eines gegebenen materiellen Inhaltes, so wie die dieser Erscheinung zu Grunde liegenden Bedingungen und Ursachen einer Betrachtung und Untersuchung unterwerfen, sind wir unvermerkt und gleichsam ganz von selbst zur Aufstellung, so wie bereits zur theilweisen Beantwortung der folgenden Frage geführt worden:

Wodurch wird das Wesen der Körper bedingt?

Das Studium der Veränderungen, welche ein und derselbe materielle Inhalt unter verschiedenen Umständen und

*) Wenn viele Naturforscher die Hypothese vom Wärmestoffe zwar als falsch bezeichnen, sie aber gleichwohl bei Erklärung der oben angegebenen Erscheinung wieder anwenden, so ist das eine unverzeihliche Inconsequenz, die nur in einer allzu grossen Bequemlichkeit oder in einer Selbsttäuschung ihren Grund hat. Eine solche falsche Erklärung ist nämlich gar keine Erklärung; und wer sich einbildet, eine Erscheinung durch eine falsche Erklärung Andern erklären zu können, täuscht sich und Andere in ganz gröblicher Weise. Es ist schon schlimm genug, dass man bei der grössten Aufmerksamkeit und Umsicht den Fehler einer falschen oder doch ungenügenden Erklärung nicht ganz vermeiden kann; aber das Gebahren, wissentlich eine falsche Erklärung in der Wissenschaft zu geben, muss ganz entschieden getadelt werden.

Bedingungen in seiner Erscheinungsweise erleidet, ist jedenfalls das sicherste und geeignetste Mittel, um die somatische Bedeutung der Kraft (oder Kräfte) zu erkennen und richtig zu würdigen. Denn wenn der materielle Inhalt derselbe bleibt, so kann der Grund von der Verschiedenheit seiner Erscheinungsweisen nicht in der Materie selbst, dem constanten Factor, liegen, sondern muss ausser ihr, und zwar einzig und allein in der auf sie wirkenden Kraft als einem veränderlichen Factor gesucht werden. Den im vorigen Kapitel eingeschlagenen Weg werden wir daher im gegenwärtigen noch weiter verfolgen, indem wir andere, mit dem Di- und Polymorphismus in naher Beziehung stehende oder damit verwandte Erscheinungen in etwas ausführlichere Erörterung und genauere Untersuchung ziehen. Zuvor mag indess die Frage nach dem, was Kraft ist, erst noch eine Besprechung finden.

Häufig wird über die Schwierigkeit, wenn nicht Unmöglichkeit, sich einen richtigen, klaren Begriff von Kraft zu machen, Klage geführt; und dennoch lehrt die tägliche Erfahrung, dass die Menschen, wenn von Kraft die Rede ist, einander keineswegs missverstehen, vielmehr jeder Einzelne recht gut weiss, was die Uebrigen unter Kraft sich denken. Es muss also selbst für den Ungebildeten doch nicht so schwer sein, das Wesen der Kraft, wenigstens bis zu einem gewissen Grade, richtig zu erfassen. Die allen Menschen gemeinsame Erkenntniss von dem, was Kraft ist, darf daher auch nicht erst das Werk der Abstraction sein, sondern muss durch unmittelbare Wahrnehmung gewonnen werden. Und so ist es in der That. Denn was Kraft ist, erfahren wir zunächst und ursprünglich in uns selbst, durch das Gefühl. Durch dieses gelangen wir nämlich zum Bewusstsein *) von einem in uns vorhandenen Etwas, das uns die Fähigkeit oder das Vermögen verleiht, nicht bloss unsere Gliedmassen, sondern auch ausser uns befindliche Dinge

*) Dieses erkennt auch der Sprachgebrauch an durch die Ausdrücke: „Kraftgefühl,“ „seine Kraft fühlen,“ „sich seiner Kraft bewusst werden“ u. s. w.

(Gegenstände) in Bewegung zu setzen, so wie Gegenstände, die sich bereits in Bewegung befinden, in ihrem Laufe zu hemmen, ihnen einen Widerstand entgegenzusetzen. Dieses durch das Gefühl wahrnehmbare Etwas nennen wir Kraft. Es ist dieses ein und dasselbe, mag es Bewegung hervorbringen, mag es solche hemmen oder vernichten; denn der verschiedene Erfolg rührt bloss davon her, dass ein Gegenstand im ersteren Falle von der Kraft nur nach einer Richtung, im letzteren dagegen von zwei oder mehreren Kräften zu gleicher Zeit nach entgegengesetzten Richtungen getrieben wird. Demnach können wir sagen: Kraft ist das Bewegende oder Bewegung Anstrebende, oder vielleicht noch besser: Kraft ist der **Trieb** zur Bewegung, als welcher sie von uns auch unmittelbar durch das Gefühl erkannt oder wahrgenommen wird.

Wenn von uns ein Körper durch einen Stoss in Bewegung gesetzt wird, so kann dieses selbstverständlich nur in der Weise geschehen, dass er durch den Stoss einen Trieb zur Bewegung empfängt, dass also von unserm Körper auf ihn Kraft übertragen wird. Stösst ein bewegter Körper auf einen ruhenden, so theilt er die ihn bewegende Kraft mit diesem oder giebt sie auch gänzlich an ihn ab, wie es z. B. bei elastischen Körpern der Fall ist. Da man durchaus nicht annehmen kann, dass hiebei von einem Körper auf den andern Materie übertragen werde, so muss man schliessen, dass es übertragbare, mit der Materie der Körper nicht unzertrennlich verbundene Kraft in der That giebt. Da die Wärme an keinen Körper gebunden ist, vielmehr von einem Körper auf den andern übergeht, so kann die sie hervorbringende Kraft nicht als der Materie inhärend angesehen werden.

Dagegen müssen wir aus andern Erscheinungen (vergl. S. 46 ff. u. 104 f.) schliessen, dass die der Materie innewohnende Anziehungskraft unzertrennlich mit ihr verbunden ist.

Der übertragbaren Kraft, welche Repulsion bewirkt, verdankt die Körperwelt die stattfindenden Veränderungen; der mit der Materie unzertrennlich verbundenen, ihr inhärenden Anziehungs- oder Attractivkraft dagegen einen gewissen

Bestand, eine gewisse Beharrlichkeit in den wechsellvollen Erscheinungen.

Es würde überflüssig sein, hier noch anzugeben, was man von der Ansicht oder Behauptung, dass die Kraft bloss ein Attribut, eine der Materie inhärirende Eigenschaft oder eine blosser Wirkung derselben sei, zu halten hat (S. 109). Man unterlasse nur nicht zu bedenken, dass der Begriff Eigenschaft der Körper oder der Materie, d. h. die Fähigkeit derselben unter gegebenen Umständen diese oder jene Wirkungen oder Erscheinungen hervorzurufen, bereits den Begriff Kraft voraussetzt, ihn schon involvirt. — Es ist natürlich viel bequemer die Erscheinungen aus solchen Eigenschaften als aus den Ursachen der letzteren zu erklären.

Da die materiellen Theilchen eines Körpers einander nicht berühren, sondern in gewissen Abständen von einander sich befinden, so muss (vergl. S. 108) die Anordnungs- und Verbindungsweise derselben von den auf sie theils trennend, theils verbindend wirkenden Kräften, also von dem Verhältnisse beider zu einander abhängig sein. Weil nun ferner die repulsiv wirkende Kraft nicht schon durch den materiellen Inhalt mitgegeben ist, vielmehr von äusseren Einflüssen herrührt, so muss eine Aenderung der letzteren auch stets eine Aenderung des auf die materiellen Theilchen wirkenden dynamischen Verhältnisses, mithin auch eine Aenderung in der Anordnungs- und Verbindungsweise derselben nach sich ziehen und durch die äussere Erscheinungsweise des betreffenden Körpers sich kund geben. So ist es auch in der That. Denn jede Aenderung der Temperatur, des Druckes u. s. w. zieht auch eine Volumenveränderung u. s. w. der Körper nach sich.

Eine der Physik längst bekannte Thatsache ist es, dass, wenn die Gestalt eines Körpers durch Druck oder Zug geändert wird, er nach dem Aufhören dieser äussern Einwirkung, wenn solche gewisse Grenzen nicht überschritt und nicht zu lange anhielt, seine vorige Gestalt wieder annimmt, dass er aber im entgegengesetzten Falle eine bleibende Formänderung erleidet. — In Uebereinstimmung hiemit lehrt nun der Di- und Polymorphismus, dass auch das Bestehen

einer Krystallgestalt, welche ein gegebener materielle Inhalt angenommen hat, an ein gewisses Temperaturintervall gebunden ist, innerhalb dessen sie keine wesentliche Veränderung erleidet, so dass sie bei ein und derselben Temperatur auch immer wieder genau dieselbe wird, dass sie aber bei Ueberschreitung gewisser Temperaturgrenzen in eine wesentlich verschiedene sich umwandelt, oder der materielle Inhalt auch einen formlosen Zustand annimmt. Da nun die Grenzen, innerhalb welcher ein einmal entstandener Krystall fortbestehen kann, weiter sind als die, innerhalb welcher er entsteht (vergl. S. 118 f.), so muss man schliessen, dass der Modus in der Anordnung und Verbindung der materiellen Theilchen den äusseren Einflüssen einen gewissen Widerstand entgegensetzt, gleichsam seine Existenz diesen gegenüber zu behaupten strebt.

Die Annahme einer gewissen Krystallgestalt, so wie der Uebergang in eine andere wird nun nicht bloss durch die Wärmegrade, sondern auch durch andere äussere Einflüsse bedingt oder herbeigeführt.

Eine sehr interessante hieher gehörige Erscheinung hat man an dem Quecksilberjodid (Hg J) beobachtet. Dasselbe bildet nämlich aus Auflösungen entstanden quadratische Krystalle von rother Farbe, dagegen, wenn durch Sublimation gewonnen, rhombische Krystalle von gelber Farbe. Letztere gehen bei gewöhnlicher Temperatur, auch wenn sie ruhig liegen bleiben, mit der Zeit über in rothes Quecksilberjodid, indem sich die rhombischen Krystalle in quadratische umwandeln. Wird aber ein solcher gelber Krystall mit einem spitzen Gegenstande, z. B. mit einer Nadel berührt, so wird die berührte Stelle sogleich roth, und die Umwandlung verbreitet sich ziemlich rasch über den ganzen Krystall. — Daraus, dass die in höherer Temperatur gebildeten gelben rhombischen Krystalle bei gewöhnlicher Temperatur sich allmählig ganz von selbst in rothe quadratische umwandeln, geht hervor, dass bei niedrigeren Wärmegraden das dynamische Verhältniss ein solches ist, wie es am besten der Anordnung der materiellen Theilchen zur Bildung (rother) quadratischer Krystalle entspricht. Der Herbeiführung

letzterer Form wirkt aber das der bereits bestehenden Anordnungsweise der materiellen Theilchen innewohnende Beharrungsvermögen entgegen, welches erst überwunden werden muss. In dem eben angegebenen Falle kommt nun die bloss mechanische Kraft dem veränderten dynamischen Verhältnisse zu Hülfe *), um die materiellen Theilchen anders anzuordnen und die Umwandlung des rhombischen Quecksilberjodides in das quadratische zu vollenden. — Wegen der hierbei stattfindenden Farbenwandlung ist die Veränderung sehr in die Augen fallend und deshalb leicht zu beobachten.

Die Krystallform, welche eine chemische Verbindung annimmt, wird nun nicht bloss durch den materiellen Inhalt derselben und die Temperatur, bei welcher dieselbe in den starren Zustand übergeht und krystallisirt, sondern noch durch andere während des Krystallisirens einwirkende Umstände oder äussere Einflüsse bedingt, wie aus folgenden Thatsachen hervorgeht.

Salmiak krystallisirt aus seiner Auflösung in reinem

*) Es ist leicht begreiflich, dass eine bloss momentan wirkende Kraft, wie der Stoss, keine regelmässige Vertheilung der materiellen Theilchen eines Körpers bewirken, sondern zum Eintritt einer solchen unter geeigneten Umständen nur Veranlassung geben kann, indem er, wie in dem angegebenen Falle, ein bestehendes Gleichgewicht stört und so die Entstehung eines andern bereits angestrebten befördert. Denn zur Herstellung und Aufrechterhaltung einer gleichmässigen Anordnung der materiellen Theilchen eines Körpers ist selbstverständlich eine durch den ganzen Körper gleichmässig wirkende Kraft erforderlich. Der einzelne Stoss besitzt diese Eigenschaft nicht; denn wirkt derselbe auf einen Körper, so empfangen die unmittelbar getroffenen Theilchen zunächst die ganze Kraft des Stosses, die sich sodann je nach Umständen in verschiedenen Richtungen nach verschiedenen Verhältnissen vertheilt.

Sind bei einer chemischen Verbindung nicht, wie bei den dimorphen oder polymorphen Substanzen, nach und nach verschiedene Gesetze der Vertheilung ihrer Materie möglich, so kann ein Stoss, wenn er den bestehenden Vertheilungsmodus aufhebt, nur zur gleichzeitigen Entstehung mehrerer Vertheilungsweisen, d. h. zur Zersetzung der Verbindung in ihre näheren oder entfernteren Bestandtheile Veranlassung geben, wie z. B. die explodirenden Verbindungen beweisen. — Wie der Stoss, so wirken auch electriche Schläge.

Wasser, wie bekannt, in Oktaedern (O), bei Gegenwart von viel Harnstoff dagegen in Würfeln ($\infty O \infty$) und von wenig Harnstoff oder von Borsäure in Cubo-Oktaedern ($\infty O \infty . O$). Bei Kochsalz verhält es sich gerade umgekehrt; dasselbe scheidet sich nämlich aus seiner Auflösung in reinem Wasser, wie allgemein bekannt ist, in Würfeln ($\infty O \infty$) aus, bei Gegenwart von viel Harnstoff dagegen in Oktaedern (O), und wenn nur wenig Harnstoff oder Borsäure vorhanden ist, in Cubo-Oktaedern ($\infty O \infty . O$). Während Alaun aus seiner Auflösung in reinem Wasser in Oktaedern krystallisiert, schießt er, wenn ihr durch ein Alkali Säure entzogen wird, in Würfeln an, und ein Zusatz von Borax zu der wässrigen Auflösung bewirkt, dass am Alaunkrystall der Würfel, das Oktaeder und das Rhombendodekaeder zu einer Combination ($\infty O \infty . O . \infty O$) verbunden auftreten. Eben so hat man beobachtet, dass Eisenvitriol, je nachdem seiner Auflösung Kupfervitriol, Zinkvitriol, Borax oder Salzsäure zugesetzt wird, in verschiedenen monoklinoedrischen Formen und Combinationen krystallisiert. Ja es ist schon durch mehrfache Versuche erwiesen, „dass durch Zugabe verschiedener Substanzen zur Mutterlauge, in welcher sich Krystalle ausgebildet haben, häufig eine Umgestaltung der schon gebildeten Krystalle bedingt wird.“ Besonders ist in dieser Beziehung der Alaun studirt worden *).

Hierher gehört auch die bei chemischen Arbeiten so häufig zu beobachtende Erscheinung, dass manche Verbindungen aus Flüssigkeiten, welche viele fremde Substanzen aufgelöst enthalten, oder welche sehr unrein sind, nur schwer oder wohl auch gar nicht im krystallisirten Zustande gewonnen werden können, während sie nach Entfernung dieser Beimengungen oder Verunreinigungen in wohl ausgebildeten Krystallen mit Leichtigkeit anschiessen.

Chemische Untersuchungen haben nun ergeben, dass z.

*) Ueber Umbildung der Krystalle; v. W. Sauber; s. Annalen der Chem. u. Pharm. CXXIV p. 78—82, wo die Umwandlungen der Ammoniakalaun - Krystalle bei Zusatz von Schwefelsäure genauer beschrieben sind.

B. der aus harnstoffhaltiger Auflösung in Würfeln krystallisirte Salmiak seiner chemischen Zusammensetzung nach nichts Anderes ist als der aus seiner Auflösung in reinem Wasser oktaedrisch krystallisirte, aber durchaus nicht etwa eine Verbindung von Salmiak mit Harnstoff. Man muss daher zugestehen, dass hier die Verschiedenheit der Krystallformen nicht von einer Verschiedenheit des materiellen Inhaltes oder der chemischen Verbindung herrühre, sondern durch einen andern Umstand bedingt werde. Da nun ferner Salmiak bei ganz gleicher Temperatur, je nachdem in seiner wässrigen Lösung kein Harnstoff oder viel Harnstoff enthalten ist, bald in Oktaedern, bald in Würfeln anschiesst, so kann das Entstehen der verschiedenen Krystallformen auch nicht etwa in einer Verschiedenheit der den Krystallisationsakt begleitenden Wärmegrade begründet sein, vielmehr wird das Erscheinen des Salmiaks in Würfelgestalt einzig und allein herbeigeführt durch den Einfluss, welchen derselbe während des Krystallisirens von Seiten des mitaufgelösten Harnstoffes erleidet. Obgleich sich nun der Einfluss des Harnstoffes auf den Salmiak nicht so weit erstreckt, dass eine Form eines ganz andern Krystallsystemes oder überhaupt eine krystallographisch wesentlich verschiedene entspringt, so ist doch sein Einfluss ein derartiger, dass die Krystallgestalt des Salmiaks, wie wir gesehen haben, eine wohl charakterisirte und deutlich ausgesprochene Modification erleidet.

Da aus einer völlig gleichen inneren Anordnung der materiellen Theilchen auch eine völlig gleiche äussere Gestalt resultiren müsste, so folgt umgekehrt, dass sich der würfelförmige Salmiak von dem oktaedrischen in seinem Innern durch irgendwelche und wenn auch nur geringe Verschiedenheit der Anordnung seiner Theilchen unterscheidet. Das dynamische Verhältniss, welches die Salmiaktheilchen während des Krystallisirens beherrscht, sie mit einander krystallinisch verbindet, muss daher ein anderes sein, wenn Salmiak in reinem Wasser aufgelöst ist, als wenn ausserdem die Auflösung noch Harnstoff enthält.

Der Grund, weshalb Salmiak bald die eine, bald die

andere Krystallgestalt annimmt, ist nun leicht einzusehen. Mag nämlich Salmiak oder Harnstoff in Wasser aufgelöst werden, so hört weder der eine noch der andere auf, in einer ihm eigenthümlichen Weise zu wirken und sich folglich durch seine Wirkungsweise stets als die ganz bestimmte, von den andern wesentlich verschiedene chemische Verbindung kund zu geben. Einem jeden derselben muss also auch ein ihm eigenthümliches und ihn charakterisirendes dynamisches Verhältniss zukommen, unter dessen Einflusse oder Herrschaft seine Theilchen stehen, so dass sie zu einer bestimmten chemischen Verbindung vereinigt bleiben. Werden nun die Auflösungen beider Substanzen zusammengossen oder auch beide Substanzen in Wasser zusammen aufgelöst, so bringt jede von ihnen das ihr eigenthümliche dynamische Verhältniss mit, die kleinsten Theilchen der einen Substanz kommen aber denen der andern so nahe, dass eine Wechselwirkung derselben auf einander stattfinden muss. Diese giebt sich denn auch dadurch zu erkennen, dass im Innern des Salmiaks die Anordnung seiner Theilchen eine derartige wird, dass als äussere Gestalt nicht mehr das Oktaeder, sondern der Würfel resultirt.

Aehnliches oder Gleiches wäre nun auch von den übrigen, oben angegebenen Beobachtungen zu sagen.

Besonders interessant aber ist es, dass in einem schon gebildeten, bereits fertigen Krystall das dynamische Verhältniss durch Zusatz einer fremden Substanz zur Mutterlauge so umgewandelt werden kann, dass eine andere Anordnung der materiellen Theilchen eintritt und dem zufolge eine andere äussere Gestalt resultirt.

Die Krystallgestalt, die ein bestimmter materielle Inhalt oder eine chemische Substanz annimmt, hängt also nicht einzig und allein von der Temperatur ab, bei welcher die Krystallbildung vor sich geht, sondern kann wenigstens noch durch den Einfluss fremder in der Auflösung befindlicher Substanzen mitbedingt werden. Da nun mit der Krystallgestalt oder der Verbindungs- und Anordnungsweise der materiellen Theilchen die übrigen Eigenschaften eines Körpers in einem innigen Causalnexus stehen, so dürfen wir

auch sagen, dass wenigstens in gewissen, bereits nachgewiesenen Fällen das Wesen eines Körpers durch die dynamischen Verhältnisse oder die Wirksamkeit fremder Substanzen, die während des Krystallisationsaktes in der Flüssigkeit mit zugegen sind, mehr oder weniger beeinflusst oder mitbedingt wird.

Derjenige, welcher mit chemischen Arbeiten oder überhaupt mit chemischen Vorgängen nur einigermaßen vertraut ist, wird in diesem Einflusse fremder Substanzen auf die Krystallgestalt und mithin auch auf das Wesen der Körper durchaus nichts Befremdendes, vielmehr etwas seinen Erwartungen ganz Entsprechendes finden. Denn sobald man erkannt hat, dass die materiellen Theilchen einer jeden chemischen Verbindung durch ein eigenthümliches dynamisches Verhältniss zu einem solchen Ganzen vereinigt sind, welches sich als die bestimmte chemische Substanz charakterisirt, so muss man schon ohne Weiteres vermuthen, dass, wenn Auflösungen verschiedener Substanzen zusammengossen oder mehrere chemische Verbindungen in einer und derselben Flüssigkeit zusammen aufgelöst werden, wegen der ausserordentlich kleinen Entfernungen ihrer Theilchen von einander, irgendwelche, sei es nun grössere oder geringere Wechselwirkung zwischen ihnen nicht bloss stattfinden kann, sondern stattfinden muss. Vielfältige Erfahrungen lehren nun auch in der That, dass in Folge einer solchen Wechselwirkung bald grössere, bald geringere Veränderungen in den bestehenden dynamischen Verhältnissen der einzelnen Verbindungen und somit auch mehr oder minder in die Augen fallende Erscheinungen eintreten. Zuweilen ist nämlich die Wechselwirkung der bestehenden dynamischen Verhältnisse eine derartige, dass die vorhandenen chemischen Verbindungen einander sofort zerstören und dass dafür neue Substanzen entstehen, die dann selbstverständlich wieder durch neue, ihnen eigenthümliche dynamische Verhältnisse charakterisirt sind *). In andern Fällen dage-

*) Bringt man z. B. eine Auflösung von Chlorbaryum (Ba Cl) mit

gen ist die Störung, welche die bestehenden dynamischen Verhältnisse auf einander ausüben, im Vergleich zu deren Beständigkeit zu schwach, als dass sofort eine gegenseitige Zersetzung der vorhandenen Verbindungen und eine Bildung neuer erfolgen könnte, vielmehr muss die Wechselwirkung, um eine solche Umwandlung vollenden zu können, erst längere Zeit (Stunden, Tage, Wochen) hindurch fortdauern. In noch andern Fällen endlich sind die auf einander wirkenden dynamischen Verhältnisse derartig, dass durch ihre Wechselwirkung eine Zerstörung der bestehenden und ein Entstehen neuer chemischer Verbindungen nicht herbeigeführt wird; eine Wechselwirkung und in Folge deren eine Veränderung in der Anordnung der materiellen Theilchen muss aber auch hier stattfinden, mag solche nun durch eine Veränderung in den äusseren Erscheinungen für uns erkennbar sein oder nicht. In den oben angeführten Beispielen giebt sich die Wechselwirkung noch dadurch äusserlich zu erkennen, dass eine chemische Verbindung durch die Gegenwart fremder Substanzen genöthigt wird, andere Krystallformen anzunehmen, als sie ohne deren Einfluss annehmen würde, oder dadurch, dass durch deren Gegenwart die Krystallisation entweder bloss erschwert oder auch gänzlich verhindert wird. Wenn uns hie und da der Einfluss einer solchen Wechselwirkung entgeht, so kann dieses seinen Grund entweder darin haben, dass die durch sie herbeigeführten Veränderungen zu unbedeutend sind, oder darin, dass wir für die Beobachtung und Wahrnehmung derselben noch zu wenig vorbereitet oder vielleicht auch zu unaufmerksam sind. — Jedenfalls verdient dieser Gegenstand eine

einer solchen von schwefelsaurem Natron (NaO SO_3) zusammen, so zersetzen sich beide Verbindungen gegenseitig in der Weise, dass schwefelsaurer Baryt (BaO SO_3) und Chlornatrium oder Kochsalz (NaCl) entstehen, von welchen jener als unlöslicher, weisser Körper erscheint, dieses dagegen in der Flüssigkeit aufgelöst bleibt. Während schwefelsaures Natron sich in Wasser leicht löst, ist schwefelsaurer Baryt darin sehr schwerlöslich. Vergleicht man die ursprünglichen Verbindungen mit den neuen Produkten, so erkennt man sofort, dass in letzteren ganz andere dynamische Verhältnisse bestehen müssen als in ersteren.

weit grössere Beachtung, als ihm bis jetzt zu Theil geworden ist. Die wenigen Untersuchungen, welche in dieser Rücksicht angestellt worden sind, haben auch bereits, wie wir gesehen, zu sehr interessanten Resultaten hingeführt.

Bevor wir unsere Untersuchung über die bei der Krystallisation eines gegebenen materiellen Inhaltes stattfindende Mitwirkung äusserer Ursachen schliessen dürfen, haben wir erst noch die Frage, welche Rolle beim Krystallisiren aufgelöster Verbindungen die Auflösungsmittel selbst spielen, einer Erörterung zu unterziehen.

Wenn eine Auflösung einer gewissen Substanz in einer Flüssigkeit stattfindet, so darf man sich, wie selbstverständlich, den Vorgang nicht so denken, als würde die ganze Arbeit von der aufzulösenden Substanz allein vollzogen, und bediente sich diese der Flüssigkeit bloss als eines passiven Mittels, um sich darin gleichmässig zu vertheilen und schwebend zu erhalten; vielmehr muss das Auflösen als eine Arbeit betrachtet werden, die durch das Zusammenwirken der aufzulösenden Verbindung und des Auflösungsmittels vollbracht wird. Die Auflösung kann daher auch nur in der Weise geschehen, dass die in der Flüssigkeit wirkenden Kräfte ihre Wirkung auf die materiellen Theilchen der auflösbaren Substanz erstrecken und das zwischen ihnen bestehende dynamische Verhältniss dergestalt modificiren, wie es ein flüssiger Zustand erfordert. Da nun verschiedene Flüssigkeiten durch verschiedene dynamische Verhältnisse charakterisirt sind, so müssen sie auch in ihrem Verhalten gegen aufzulösende Substanzen sich mehr oder minder abweichend von einander erweisen. Und in der That, Wasser, Weingeist, Aether, fette Oele u. s. w. lassen als Auflösungsmittel sehr bedeutende Verschiedenheiten erkennen. Denn während sich eine chemische Verbindung in dem einen derselben sehr leicht löst, ist sie in dem andern schwerlöslich und in einem dritten vielleicht so gut wie völlig unlöslich *).

*) Manche Verbindungen sind als solche in gewissen Flüssigkeiten deshalb nicht löslich, weil die Kräfte der Lösungsmittel auf die der aufzulösenden Substanzen so einwirken, dass die bestehende Verbindungs-

Beschränkt sich nun aber die Wirksamkeit des Auflösungsmittels etwa bloss darauf, den starren Zustand einer Substanz in den tropfbarflüssigen überzuführen und den materiellen Theilchen sodann nur ein Medium zu bieten, in dem sie sich schwebend erhalten und frei bewegen können? oder erstreckt sich dieselbe auch auf den Akt der Krystallbildung, indem sie auf die Aggregation der materiellen Theilchen bedingend einwirkt und so die aus der Flüssigkeit sich ausscheidende Substanz mit veranlasst, in dieser oder jener Krystallgestalt zu erscheinen? Gewiss müsste es Wunder nehmen, wenn Letzteres nicht der Fall wäre. Denn wie jedes Auflösungsmittel in Folge der eigenthümlichen Wirkungsweise seiner Kräfte ein besonderes Verhalten bei dem Geschäfte des AuflöSENS äusserlich zeigt, so muss man erwarten, dass es auch in einer ihm eigenthümlichen Weise auf die chemischen Substanzen während des Krystallisationsactes einzuwirken fortfährt und diesen seinen Einfluss in irgend einer Weise, sei es nun mehr oder weniger deutlich, auch äusserlich zur Erscheinung bringen werde.

Eine Verschiedenheit der Wirkungsweise giebt sich nun darin kund, dass manche Verbindungen aus dem einen Auflösungsmittel entweder gar nicht oder nur sehr schwer im

weise der materiellen Theilchen sich nicht behaupten kann und eine so gänzliche Aenderung in derselben eintritt, dass ganz neue chemische Produkte entstehen, die natürlich durch ihnen eigenthümliche dynamische Verhältnisse charakterisirt sind. So kann sich z. B. Phosphorsuperchlorid (PCl_5) neben Wasser nicht behaupten, weil die Kräfte dieser Substanzen so auf einander einwirken, dass eine ganz neue Verbindungsweise der materiellen Theilchen erfolgt. Phosphorsuperchlorid und Wasser mit einander in Berührung gebracht erzeugen nämlich sofort durch gegenseitige Zersetzung Phosphorsäure und Salzsäure (Chlorwasserstoff) nach dem Schema: $\text{PCl}_5 + 5\text{HO} = \text{PO}_5 + 5\text{HCl}$. In Auflösung befindet sich also nicht Phosphorsuperchlorid, sondern Phosphorsäure und Salzsäure.

Manche Substanzen können sich nun zwar in einer Flüssigkeit auflösen und eine Zeit lang behaupten, bleiben sie aber längere Zeit in derselben, so findet eine derartige Wechselwirkung statt, dass allmählig ganz andere chemische Verbindungen resultiren. So verwandeln sich z. B. die Amide, Imide und Nitrile, wenn sie in Wasser aufgelöst sind, allmählig in ihre entsprechenden Ammoniaksalze.

krystallisirten Zustände erhalten werden können, während sie aus einem andern mit Leichtigkeit in wohl ausgebildeten Krystallen anschliessen; so wie darin, dass im letzteren Falle die Krystalle einer und derselben chemischen Verbindung, je nachdem sie aus verschiedenen Auflösungsmitteln erhalten wurden, bald grössere, bald geringere Verschiedenheiten erkennen lassen, sei es nun, dass diese Verschiedenheiten nur die Grösse der Krystallindividuen oder die Art und Weise ihrer Verwachsung betreffen, oder sei es, dass sie sich bis auf die Krystallgestalt selbst erstrecken, deren verschiedene Formen und Combinationen entweder noch zu demselben oder zu verschiedenen Krystallsystemen gehören können.

Obgleich nun diesem Gegenstande noch bei Weitem nicht diejenige Aufmerksamkeit zugewendet worden ist, die er sehr wohl verdiente, so hat die Chemie doch schon hinreichende Thatsachen als Belege für die Richtigkeit des Gesagten geliefert. — In hohem Grade wäre es aber wünschenswerth, dass über die Krystallisationserscheinungen bei Anwendung verschiedener Auflösungsmittel genaue, vergleichende Untersuchungen angestellt würden. Wenn man hierbei sowohl die Auflösungsmittel als auch die krystallisirbaren chemischen Verbindungen zweckmässig und zwar nach einem bestimmten Principe wählte, die Versuche aber nicht bloss so anstellte, wie gerade der Zufall dazu Veranlassung giebt, so würde man sicherlich zu sehr interessanten und zugleich lehrreichen Resultaten geführt werden, besonders dann, wenn man die erhaltenen Produkte nicht bloss hinsichtlich ihrer morphologischen, sondern auch zugleich hinsichtlich ihrer physikalischen Eigenschaften in Untersuchung zöge. Jedenfalls würde die Wissenschaft hierdurch mehr gewinnen als durch blosse Entdeckung neuer Verbindungen, deren Eigenschaften man häufig nur höchst nothdürftig und nur so weit studirt, um sie vorkommenden Falls eben wieder erkennen und von andern ähnlichen unterscheiden zu können.

Aus diesen weiteren Untersuchungen über die Krystallisationserscheinungen hat sich denn ergeben, dass die Kry-

stallgestalt und folglich auch der Complex von morphologischen und physikalischen Eigenschaften, welche ein gegebener materieller Inhalt annimmt, nicht bloss durch die Temperatur, bei welcher die Krystallbildung erfolgt, sondern auch durch die Mitwirkung des Auflösungsmittels und durch den Einfluss der in letzterem zugleich mit aufgelösten oder doch in ihm enthaltenen Substanzen mitbedingt wird. Jede bestimmte Krystallgestalt setzt nun aber eine gewisse Verbindungs- und Anordnungsweise der gegebenen materiellen Theilchen voraus oder hat vielmehr in dieser ihren Grund. Es wird folglich auch letztere durch dieselben Umstände und Ursachen bedingt, wie die Krystallgestalt selbst. Da sich nun die Verbindungs- und Anordnungsweise der materiellen Theilchen den äusseren Einflüssen gegenüber mit einer gewissen, ihr eigenthümlichen Hartnäckigkeit zu behaupten strebt (vergl. S. 135f.), so ist sie schon als solche für die Herbeiführung von Veränderungen der Krystallgestalt durchaus nichts Gleichgültiges, übt vielmehr hiebei einen wesentlichen, mitbedingenden Einfluss aus *). Wir können daher sagen: Wie das Entstehen eines bestimmten Krystalles nicht bloss durch den gegebenen materiellen Inhalt, sondern zugleich auch durch die bei seiner Bildung mitwirkenden Ursachen bedingt wird, so ist auch sein Fortbestehen nicht bloss von den äusseren, gerade auf ihn einwirkenden Einflüssen, sondern zugleich von der bereits bestehenden Verbindungs- und Anordnungsweise der materiellen Theilchen, folglich auch, wenn schon nur mittelbar, von den beim Krystallisationsacte zusammenwirkenden Ursachen abhängig. Dasselbe lässt sich auch so ausdrücken: Ein Körper ist das, was er gerade ist, nicht bloss in Folge seines materiellen Inhaltes und der auf ihn eben einwirkenden Kräfte, sondern zu-

*) Dasselbe würde auch schon ganz leicht aus den Gesetzen der Mechanik folgen.

gleich, obschon nur mittelbar, in Folge derjenigen Ursachen, die bei seiner Entstehung mitgewirkt haben.

Die von uns bisher betrachtete somatische Verschiedenheit eines und desselben materiellen Inhaltes prägte sich erst beim Krystallisationsacte aus, entstand aber nicht schon in demselben Momente, wo die chemische Verbindung selbst sich bildete. Sie betraf daher auch nur die morphologischen und physikalischen Eigenschaften, erstreckte sich aber nicht auch auf die chemischen. In chemischer Hinsicht gelten z. B. Kalkspath und Aragonit nur als kohlenaurer Kalk, nicht aber als specifisch rhomboedrischer und rhombischer, eben so das quadratische und monoklinoedrische schwefelsaure Nickeloxyd nur als die bestimmte chemische Verbindung „schwefelsaures Nickeloxyd.“ Die Chemiker schreiben daher auch sowohl die Formel des Kalkspathes wie die des Aragonites: CaO CO_2 , die des quadratischen wie die des monoklinoedrischen schwefelsauren Nickeloxydes: $\text{NiO SO}_3 + 6\text{aq.}$, die des monoklinoedrischen und die des rhombischen Schwefels: S u. s. w. *).

Solche Körper nun, deren Zusammensetzung trotz ihrer von einander abweichenden morphologisch - physikalischen Eigenschaften dennoch wegen ihres gleichen chemischen Verhaltens durch eine ganz gleiche chemische Formel ausgedrückt wird, oder Körper, welche bei somatischer Verschiedenheit chemische Identität besitzen, heissen isomere Körper, die Erscheinung selbst Isomerie. — Während also z. B. kohlenaurer Kalk eine dimorphe Verbindung ist, weil er in Formen zweier verschiedener Krystallreihen oder vielmehr zweier Krystallsysteme auftreten kann, sind Kalkspath und Aragonit isomere Körper, weil sie trotz ihrer somatischen Verschiedenheit eine Gleichheit in ihren chemischen Eigenschaften erkennen lassen.

Bei isomeren Körpern wird vorausgesetzt, dass die

*) Bemerkenswerth ist es, dass Graphit bei einer gewissen Behandlung mit Salpetersäure die s. g. Graphitsäure liefert, welche Diamant und gewöhnliche Kohle nicht zu liefern vermögen.

kleinsten Vereine materieller Theilchen, welche die bestimmte chemische Verbindung darstellen, aus gleich viel elementaren, materiellen Theilchen bestehen, die nach wesentlich gleicher Weise mit einander verbunden sind. So nimmt man z. B. an, dass jeder kleinste Theil Kalkspath oder Aragonit aus 1 Atom Calcium, 1 Atom Kohlenstoff und 3 Atomen Sauerstoff bestehe und zwar so, dass in beiden Körpern zunächst 1 Atom Calcium mit 1 Atom Sauerstoff zu Calciumoxyd oder Kalk (CaO) und 1 Atom Kohlenstoff mit 2 Atomen Sauerstoff zu Kohlensäure (CO_2) verbunden sei, und dass sodann diese beiden Verbindungen, Kalk und Kohlensäure, zu der höheren Verbindung „kohlensaurer Kalk“ (CaO CO_2) sich vereinigt haben. Ferner nimmt man an, dass bei Kalkspath und Aragonit in den kleinsten Vereinen ihrer materiellen Theilchen eine gleiche Anordnung letzterer besteht, dass aber die Verbindung dieser kleinsten Vereine unter einander eine verschiedene ist. — Um die Ursache aufzufinden, wodurch eine und dieselbe chemische Verbindung veranlasst wird, bald als dieser, bald als jener bestimmte Körper zu erscheinen, brauchten wir auch nur bis auf den Moment zurückzugehen, wo sie, um zur Individualisirung zu gelangen, ihren formlosen Zustand aufgibt und eine regelmässige, polyedrische Gestalt annimmt.

Es giebt nun aber noch eine ganz andere Klasse für unsern Zweck sehr wichtiger Körper, welche bei materieller Identität somatische Verschiedenheit zeigen, und zwar nicht bloss hinsichtlich ihrer morphologisch - physikalischen, sondern auch hinsichtlich ihrer chemischen Eigenschaften. Die Verschiedenheit ihres Wesens datirt daher auch nicht erst von dem Momente an, wo sie etwa ihre Krystallgestalt empfangen, vielmehr ist der Grund ihrer Verschiedenheit bereits in einer Verschiedenheit der Umstände aufzusuchen, welche schon bei der Entstehung der chemischen Verbindungen selbst ihren mitwirkenden Einfluss üben. — Solche Körper oder Verbindungen nennt man metamer, resp. polymer, die Erscheinung selbst Metamerie, resp. Polymerie.

Bei den metameren Verbindungen wird nämlich vor-

ausgesetzt, dass die eine aus eben so viel elementaren, materiellen Theilchen wie die andere bestehe, dass aber diese materiellen Theilchen bei der einen in einer andern Weise mit einander verbunden sind als bei der andern. So nimmt man z. B. an, dass Essigsäurehydrat wie ameisensaures Methoxyd aus 4 Atomen Kohlenstoff, 4 Atomen Wasserstoff und 4 Atomen Sauerstoff bestehe, dass aber beim ersteren die Atome in einer andern Weise als bei letzterem gruppiert oder mit einander verbunden sind.

Polymer heissen dagegen bekanntlich solche Körper oder Verbindungen, welche dieselben Elemente in demselben Gewichtsverhältnisse besitzen, bei denen man sich aber zu der Annahme veranlasst sieht, dass zur Bildung der einen eine grössere Anzahl von Atomen zusammentreten müsse als zur Bildung der andern. So bestehen z. B. unterschwefelige (dithionige) Säure und Pentathionsäure aus Schwefel und Sauerstoff und enthalten diese Bestandtheile in demselben quantitativen Verhältnisse; aber aus einer Verschiedenheit in ihrer Sättigungscapacität schliesst man auf eine Verschiedenheit in der Zahl ihrer Atome, und zwar, dass in der dithionigen Säure 2 Atome Schwefel mit 2 Atomen Sauerstoff (S^2O^2), in der Pentathionsäure dagegen 5 Atome Schwefel mit 5 Atomen Sauerstoff (S^5O^5) verbunden seien. Hiernach würde die Atomen-Anzahl der letzteren Säure ein Multiplum (Vielfaches) von der Atomen-Anzahl der ersteren bilden.

Mit einer sehr grossen Anzahl metamerer und polymerer Körper oder Verbindungen haben besonders in neuerer Zeit die analytischen Untersuchungen der organischen Chemie bekannt gemacht und hierdurch sehr viel zu einer rascheren und sicherern Entwicklung einer besseren Einsicht in das Wesen der Körper beigetragen. Denn die Erscheinungen der Metamerie und Polymerie müssen nicht nur vor einer Ueberschätzung der somatischen Bedeutung der materiellen Zusammensetzung sehr nachdrücklich warnen, sondern zugleich auch zur Aufsuchung derjenigen Ursachen veranlassen und hinführen, welche eine somatische Verschiedenheit desselben materiellen Inhaltes bedingen und folg-

lich einen mitbedingenden Einfluss auf das Wesen der Körper üben. — Das Resultat, zu welchem der Di- und Polymorphismus hinführte, wird durch die Metamerie und Polymerie nicht bloss bestätigt, sondern auch erweitert, da die somatische Verschiedenheit der metameren und polymeren Körper eine viel tiefer gehende ist als die der isomeren, indem sie nicht nur die morphologisch-physikalischen Eigenschaften betrifft, sondern sich bis auf die chemischen erstreckt.

Aus der grossen Menge metamerer Körper oder Verbindungen wollen wir nur das Essigsäurehydrat und das ameisensaure Methyloxyd auswählen, um sie im Folgenden etwas eingehender zu besprechen. — Beide weichen trotz ihrer materiellen Identität sowohl in ihren physikalischen wie in ihren chemischen Eigenschaften ganz bedeutend von einander ab; denn Essigsäurehydrat besitzt ein spec. Gew. = 1,0801 bei 0°, siedet bei 117,3° C, erstarrt bei + 5° C zu einer blättrigen Krystallmasse, welche erst bei + 16° wieder schmilzt, hat einen scharfen, sauren Geschmack, stechenden Geruch und erweist sich in chemischer Beziehung als eine Säure; ameisensaures Methyloxyd dagegen hat ein spec. Gew. = 0,9984 bei 0°, siedet schon bei 33,4° C, ist bei gewöhnlicher Temperatur eine sehr flüchtige Flüssigkeit und erweist sich in chemischer Beziehung weder als Säure noch als Basis, sondern als eine neutrale Verbindung.

Die Ursache der somatischen Verschiedenheit des Essigsäurehydrates und des ameisensauren Methyloxyds kann nun aber nicht, wie bei den isomeren Körpern, aus einer Verschiedenheit derjenigen Umstände abgeleitet werden, welche etwa bei ihrer Krystallisation mitgewirkt hätten, da sie ja schon in ihrem tropfbarflüssigen, also formlosen Zustande, wie wir so eben gesehen haben, in allen ihren Eigenschaften von einander abweichen; jene Ursache muss daher vielmehr in einer Verschiedenheit derjenigen Verhältnisse und Umstände gesucht werden, welche bereits bei der Entstehung dieser Verbindungen mitgewirkt haben. In der That sind auch die Bedingungen, unter welchen die Kohlenstoff-, Wasserstoff- und Sauerstofftheilchen zusammentreten, um

ameisensaures Methyloxyd zu bilden, sehr verschieden von denjenigen, unter welchen sie sich mit einander zur Bildung von Essigsäurehydrat vereinigen.

Essigsäurehydrat entsteht nämlich, wenn 4 Aequivalente Sauerstoff ($4O$) auf Alkohol, $C^4H^6O^2$, oder, was dasselbe heisst, auf Aethyloxydhydrat, $HO \cdot C^4H^5O$, in der Weise einwirken, dass 2 Aequivalente Sauerstoff sich mit 2 Aequivalenten Wasserstoff des Aethyloxydhydrats zu 2 Aequivalenten Wasser, die sich ausscheiden, verbinden, während die beiden andern Aequivalente Sauerstoff für den ausgetretenen Wasserstoff in die Verbindung eintreten. Aus $HO \cdot C^4H^5O + 4O$ entsteht hiernach $HO \cdot C^4H^3O^3 + 2HO$, und nach Entfernung von $2HO$ bleibt folglich $HO \cdot C^4H^3O^3$, d. h. Essigsäurehydrat.

Ameisensaures Methyloxyd dagegen wird erhalten, wenn man schwefelsaures Methyloxyd $C^2H^3O \cdot SO^3$ und ameisensaures Kali $KO \cdot C^2HO^3$ mit einander destillirt. Indem sich nämlich hierbei Schwefelsäure mit Kali zu schwefelsaurem Kali verbindet, werden Ameisensäure und Methyloxyd aus ihren seitherigen Verbindungen ausgeschieden und vereinigen sich im Momente ihres Freiwerdens mit einander zu ameisensaurem Methyloxyd, welches durch Destillation von schwefelsaurem Kali getrennt wird. Aus $C^2H^3O \cdot SO^3 + KO \cdot C^2HO^3$ wird $KOSO^3 + C^2H^3O \cdot C^2HO^3$.

Bei dem Prozess, aus welchem Essigsäurehydrat hervorgeht, sind also 4 Aequivalente Kohlenstoff, 6 Aequivalente Wasserstoff und 2 Aequivalente Sauerstoff in solcher Weise gegeben, dass sie durch die zwischen ihnen wirkenden Kräfte zu einem einzigen Complexe — Alkohol oder Aethyloxydhydrat, $C^4H^6O^2$ oder $HO \cdot C^4H^5O$ — mit einander verbunden sind, worauf 4 Aequivalente Sauerstoff in der oben angegebenen Weise einwirken *).

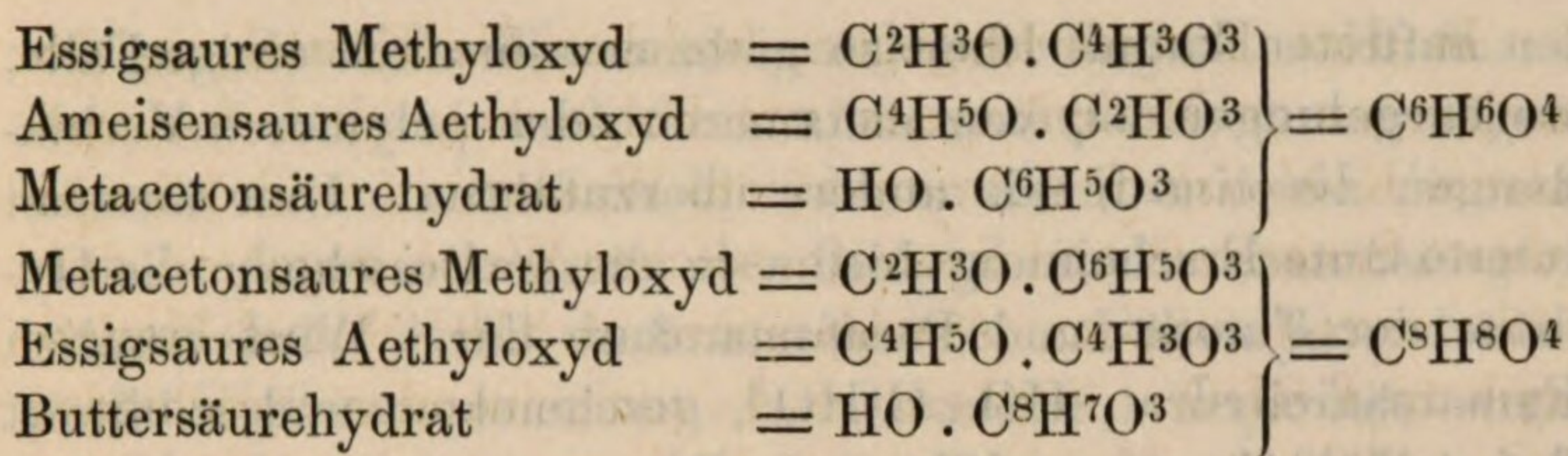
*) Für 2 Aequivalente Wasserstoff, welche aus dem Complexe $C^4H^6O^2$ ausscheiden, treten nämlich 2 Aequivalente Sauerstoff ein. Man darf aber durchaus nicht etwa meinen, dass hier nur eine Substitution in der Weise stattfinde, dass die ganze Anordnung der materiellen Theilchen und folglich auch das Volumen, welches sie zusammen einnehmen, un-

In dem Process hingegen, welcher die Entstehung des ameisensauren Methyloxydes zur Folge hat, sind 4 Aequivalente Kohlenstoff, 4 Aequivalente Wasserstoff und 4 Aequivalente Sauerstoff und zwar in solcher Weise gegeben, dass sie in zwei Gruppen: Ameisensäure $= \text{C}^2\text{HO}^3$ und Methyloxyd $= \text{C}^2\text{H}^3\text{O}$, vertheilt und von einander geschieden sind, welche im Momente ihres Freiwerdens sich mit einander zu einem Ganzen — ameisensaurem Methyloxyd — vereinigen, dessen dynamisches Verhältniss aus dem Zusammenwirken derjenigen dynamischen Verhältnisse, durch welche jene beiden Gruppen charakterisirt sind, hervorgeht.

Das ameisensaure Methyloxyd entsteht also unter ganz andern Umständen und Bedingungen als das Essigsäurehydrat. Die nächste Folge von der Verschiedenheit dieser Bedingungen ist nun eine Ungleichheit in der Vertheilung des gleichen materiellen Inhaltes, wie sich sofort in den specifischen Gewichten beider Verbindungen ausspricht. Denn während das spec. Gew. des Essigsäurehydrats $= 1,0801$ ist, ist das des ameisensauren Methyloxyds nur $= 0,9984$. Hieraus folgt, dass im Allgemeinen wenigstens die materiellen Theilchen im Essigsäurehydrat einander näher sind als im ameisensauren Methyloxyd. In welcher Weise sie jedoch im Einzelnen mit einander verbunden sind, wissen wir hier eben so wenig mit Sicherheit wie anderwärts. Bis jetzt ist das Studium der Entstehungs- und Zersetzungsweise der chemischen Verbindungen noch das sicherste Mittel, um sich von ihrer inneren Constitution eine Vorstellung zu machen.

Ausser den beiden besprochenen metameren Verbindungen giebt es noch viele andere, so z. B.

verändert bliebe. Denn wäre dieses der Fall, so müsste, weil das specifische Gewicht des Alkohols 0,8151 he trägt und für 2 Gewichtstheile ausgeschiedenen Wasserstoffs 2mal 8 oder 16 Gewichtstheile Sauerstoff eintreten, das specifische Gewicht der neuen Verbindung $= 1,0632$ sein, während es in der That höher, nämlich $= 1,0801$ gefunden worden ist. Es tritt also bei der angegebenen Ersetzung des Wasserstoffs durch den Sauerstoff eine Volumenverminderung, mithin auch eine andere Vertheilung der Materie ein, wäre letztere Aenderung auch nur eine unbedeutende.



u. s. w.

u. s. w.

Aehnliches wie von den metameren Verbindungen wäre nun auch von den polymeren zu sagen. So gelten z. B. Essigsäurehydrat $= \text{HO} \cdot \text{C}^4\text{H}^3\text{O}^3 = \text{C}^4\text{H}^4\text{O}^4$, Milchsäurehydrat $= \text{HO} \cdot \text{C}^6\text{H}^5\text{O}^5 = \text{C}^6\text{H}^6\text{O}^6$ und Milchzucker $= \text{C}^{12}\text{H}^{12}\text{O}^{12}$ als polymere Verbindungen. Trotz ihrer gleichen procentischen Zusammensetzung besitzen dieselben doch so sehr von einander abweichende chemische und physikalische Eigenschaften, dass Niemand daran denken kann, ihnen somatische Identität beizulegen. Eine andere Reihe polymerer Verbindungen bildet die grosse Klasse der bloss aus Kohlenstoff und Wasserstoff bestehenden flüchtigen Oele, wie z. B. Terpentinöl, Citronöl, Rosmarinöl u. s. w., welche sich durch Geruch, Siedepunkt, medicinische Wirkung u. s. w. als somatisch von einander verschieden leicht zu erkennen geben.

Fragt man auch hier wieder nach dem Grunde der somatischen Verschiedenheit, so liegt er, wie sich in speciellen Fällen leicht nachweisen lässt, weder in einer Verschiedenheit der materiellen Zusammensetzung, noch einer etwaigen Krystallgestalt, sondern, wie bei den metameren Körpern, einzig und allein in einer Verschiedenheit der Entstehungsweise oder derjenigen Bedingungen, unter welchen sich die betreffenden Substanzen bilden.

Bei Betrachtung des Di- und Polymorphismus sahen wir, dass es Fälle giebt, wo von zwei isomeren Körpern unter geeigneten Umständen sich der eine in den andern umwandelt, wo also ein und derselbe materielle Inhalt, während er die einmal angenommenen chemischen Eigenschaften beibehält, in verschiedener Krystallgestalt erscheinen, folglich mit verschiedenen morphologisch-physikalischen Eigenschaf-

ten auftreten kann. Eben so giebt es nun auch einige Fälle, wo es gelungen ist, von metameren oder polymeren Verbindungen die eine in die andere überzuführen. Eine äusserst interessante Erscheinung bieten in dieser Beziehung die Hydrate der Fumar- und Parafumarsäure dar. Wird nämlich Fumarsäurehydrat, $\text{HO} \cdot \text{C}^4\text{HO}^3$, geschmolzen und sublimirt (bei $+200^\circ \text{C}$), so zerfällt es in Wasser und wasserfreie Parafumarsäure. Löst man letztere Säure in Wasser auf und lässt krystallisiren, so erhält man Parafumarsäurehydrat, $\text{HO} \cdot \text{C}^4\text{HO}^3$ oder $2\text{HO} \cdot \text{C}^8\text{H}^2\text{O}^6$ *). Wird dieses in einer langen, an beiden Enden zugeschmolzenen Glasröhre längere Zeit so erhitzt, dass das condensirte Wasser immer zurückfliesst, so verwandelt es sich wieder in Fumarsäurehydrat.

Obgleich nun Aconitsäurehydrat, $\text{HO} \cdot \text{C}^4\text{HO}^3$ oder $3\text{HO} \cdot \text{C}^{12}\text{H}^3\text{O}^9$, mit den beiden erwähnten Säurehydraten in materieller Beziehung identisch ist, so hat sie doch noch nicht aus denselben gewonnen oder in eines derselben übergeführt werden können. Der Grund dieses abweichenden Verhaltens liegt jedenfalls darin, dass die Constitution des Aconitsäurehydrates sowohl von der des Fumar- wie von der des Parafumarsäurehydrates viel verschiedener ist als die der beiden letzteren Säurehydrate von einander. Uebrigens hat das Aconitsäurehydrat auch einen ganz andern Ursprung als diese, wird nämlich aus Citronsäurehydrat durch Erhitzen gewonnen.

Wäre unser Sehorgan derartig, dass wir durch dasselbe die materiellen Theilchen als solche wahrnehmen und eine unmittelbare Einsicht in ihre Verknüpfungsweise gewinnen könnten, so müsste ein vergleichendes Betrachten erkennen lassen, dass der Unterschied metamerer Verbindungen sich zunächst auf die Art und Weise gründet, wie ihre materiellen Theilchen mit einander verbunden sind. Könnte man ferner hiemit noch die innere Constitution derjenigen Substanzen vergleichen, aus denen die metameren Verbindungen hervorgegangen sind, so würde man in der inneren Constitution der letzteren, wenigstens häufig, noch mehr oder

*) Nach Liebig zweibasisch.

weniger deutliche Kennzeichen des bedingenden Einflusses der ersteren zu entdecken und nachzuweisen vermögen. Können wir uns nun auch nicht unmittelbar durch die empirische Anschauung von der Richtigkeit des eben Gesagten vergewissern, so ist doch in sehr vielen Fällen jener bedingende Einfluss gar nicht zu verkennen, besonders wenn man der Metamorphose chemischer Verbindungen einige Aufmerksamkeit schenkt. Eine verwandtschaftliche Natur zwischen ursprünglichen und daraus abgeleiteten Verbindungen spricht sich hie und da noch dadurch aus, dass letztere eine grosse Neigung besitzen sich wieder in erstere umzuwandeln. Sehr interessante Belege hiezu bietet die organische Chemie z. B. in den Amiden, Imiden und Nitrilen. Diese Verbindungen, welche sich bekanntlich aus Ammoniaksalzen in der Weise bilden oder bilden können, dass auf Kosten des Ammoniaks und der damit verbundenen Säure Wasser gebildet und ausgeschieden wird, besitzen nämlich, im Allgemeinen wenigstens, das Streben bei Gegenwart von Wasser sich wieder in die Verbindungen, aus welchen sie entsprungen sind, umzuwandeln, indem sie Wasser aufnehmen und die Bestandtheile desselben in sich so vertheilen, wie es der Bildung von Ammoniaksalzen entspricht. So entsteht z. B. aus oxalsaurem Ammoniak durch Entziehung von gleichen Aequivalenten Wasserstoff und Sauerstoff das Oxamid: $\text{H}^4\text{NO} \cdot \text{C}^2\text{O}^3 - 2\text{HO} = \text{H}^2\text{N} \cdot \text{C}^2\text{O}^2$, aus ameisen-saurem Ammoniak in gleicher Weise das Nitril „Blausäure“ oder Cyanwasserstoff nach dem Schema $\text{H}^4\text{NO} \cdot \text{C}^2\text{HO}^3 - 4\text{HO} = \text{N} \cdot \text{C}^2\text{H}$. Umgekehrt vereinigen sich Oxamid und Wasser wieder zu oxalsaurem Ammoniak, so wie Blausäure und Wasser zu ameisensaurem Ammoniak. Hieraus darf man schliessen, dass bei der Umwandlung der Ammoniak-salze in die entsprechenden Amide u. s. w. keine sehr weit getriebene Veränderung der inneren Constitution eintrete, weil man sonst einen so leichten Rückgang zur ursprünglichen Verbindungsweise der materiellen Theilchen nicht erwarten dürfte. — Man wird sich hiebei wohl der früher erwähnten Thatsachen erinnern, welche zeigen, dass die dynamischen Verhältnisse der Körper einen gewissen Grad der

Beharrlichkeit oder ein an gewisse Grenzen gebundenes Streben besitzen, nach erlittener Abänderung sich wieder herzustellen.

Wo, wie in den angegebenen Fällen, die Rückbildung der abgeleiteten Verbindungen in die ursprünglichen so leicht vor sich geht, muss man wohl annehmen, dass bei den Umwandlungen die ursprüngliche Constitution, wenn die Ausdrucksweise erlaubt ist, zwar eine gewisse Veränderung oder Modification, nicht aber eigentlich eine gänzliche Umgestaltung erleidet.

Dass künftige Forschung den Erscheinungen der Isomerie, Metamerie und Polymerie immer grössere Aufmerksamkeit zuwenden und dadurch die somatische Bedeutung der Kräfte in noch immer helleres Licht setzen wird, darf man wohl mit Zuversicht erwarten; denn der Gegenstand ist nicht allein an und für sich von höchstem Interesse, sondern auch für die Wissenschaft und Praxis von der grössten Wichtigkeit.

Wie wir gesehen haben, kann nicht selten ein und derselbe materielle Inhalt zunächst verschiedene metamere oder polymere Verbindungen liefern; ferner ist es nun auch keineswegs unmöglich, vielmehr sogar sehr wahrscheinlich, dass von letzteren die eine oder andere als di- oder polymorphe Verbindung wieder verschiedene Körper darzustellen vermag, so dass ein und derselbe materielle Inhalt sich als im hohen Grade polysomatisch erweisen kann.

Während die seither besprochenen Erscheinungen zeigten, dass ein und derselbe materielle Inhalt bald mit diesen, bald mit jenen Eigenschaften auftreten, also verschiedene Körper zu bilden vermag, giebt es eine andere Klasse von Erscheinungen, nämlich die des Isomorphismus und Homöomorphismus, welche uns hiezu in gewissem Sinne ein Gegenbild gewähren. Sie thun nämlich dar, dass verschiedener materieller Inhalt in gleicher oder nahe gleicher Krystallgestalt erscheinen und so Körper bilden kann, die in ihrer ganzen Erscheinungsweise so grosse Aehnlichkeit unter einander besitzen, dass sie leicht mit einander zu verwechseln und häufig nur mit grosser Schwierigkeit von einander

zu unterscheiden sind. So erweisen sich z. B. Kalkspath und Aragonit trotz ihrer materiellen Identität doch äusserlich sofort beim ersten Anblick als wesentlich verschiedene Körper, während Aragonit (CaO CO_2). Strontianit (SrO CO_2) und Witherit (BaO CO_2) trotz ihrer materiellen Verschiedenheit doch ihrer äussern Erscheinungsweise nach leicht mit einander verwechselt werden können. Als eine andere Gruppe isomorpher oder vielmehr homöomorpher Körper werden gewöhnlich aufgeführt die so genannten Spathe — lauter rhomboedrisch krystallisirte kohlensaure Salze — wie Kalkspath, Magnesiaspath, Manganspath, Eisenspath, Zinkspath u. s. w. So gross nun auch bei diesen Verbindungen die Aehnlichkeit oder Uebereinstimmung der morphologischen Eigenschaften sein mag, so besteht bei ihnen doch wegen des verschiedenen materiellen Inhaltes auch eine Verschiedenheit der physikalischen *), besonders aber der chemischen Eigenschaften, so dass also isomorphe Körper stets als heterosomatisch, d. h. als somatisch verschieden betrachtet werden müssen. Hieraus dürfen wir ferner noch den Satz folgern, dass materielle Verschiedenheit stets eine, sei es grössere, sei es geringere somatische Verschiedenheit bedingt oder mit sich führt **).

*) z. B. der specifischen Gewichte.

**) Gegen die Richtigkeit dieses Satzes darf man nicht etwa einwenden wollen, dass, wie die Mineralogie durch zahlreiche Beispiele belege, eine und dieselbe Mineralspecies häufig einen grossen Wechsel in ihren Bestandtheilen zeige, ohne darum aufzuhören, dieselbe zu bleiben; dass folglich in ihr eine gegenseitige Vertretung gewisser Substanzen möglich sei, ohne dass diese eine Veränderung des Somatismus nach sich ziehe. Gegen einen solchen Einwand wäre nämlich zu bemerken, dass in dem Maasse, wie die Vertretung des einen Bestandtheiles durch einen andern fortschreitet, allerdings auch der Somatismus sich ändert, dass man aber aus praktischen Rücksichten nur erst bei grösseren Veränderungen sich erlauben darf, besondere Mineralspecies oder Varietäten derselben zu unterscheiden, weil ausserdem ihre Zahl ins Endlose gehen würde.

Ich vermeide hier jedes weitere Eingehen in die für die Somatologie so wichtige Erscheinung des Isomorphismus, weil ich sie in einer

Der zwischen Krystallgestalt und Somatismus bestehende Zusammenhang, wie er sich aus dem Di- und Polymorphismus und aus dem Isomorphismus ergibt, lässt sich nun kurz so ausdrücken:

1. Isosomatismus setzt nicht bloss Isomorphismus oder gleiche Gestalt, sondern auch gleichen materiellen Inhalt voraus;
2. Heterosomatismus dagegen folgt sowohl aus Heteromorphismus als auch aus blossem Isomorphismus, d. h. aus solchem, der nicht von gleichem, sondern von verschiedenem materiellen Inhalte begleitet ist.

Wir wollen nun die in diesen beiden Kapiteln gewonnenen äusserst wichtigen Resultate noch kurz zusammenfassen, damit sie der Leser noch einmal schnell seinem Geiste vorführen und sie zu einer etwaigen Berichtigung oder Vervollkommnung des Begriffes vom Wesen der Körper leichter verwenden könne.

Durch die vorausgegangenen Untersuchungen ist es ausser allen Zweifel gesetzt worden, dass der Inbegriff der chemischen, morphologischen und physikalischen Eigenschaften eines Körpers noch keineswegs in seinem materiellen Inhalte gegeben, oder durch denselben bedingt ist, dass vielmehr der Somatismus, den ein gegebener materielle Inhalt annimmt, ausser von diesem, auch noch zugleich von den Kräften abhängig ist, welche bei der Entstehung der chemischen Verbindung, so wie bei der Krystallisation dieser letzteren einwirken. Es müssen demnach die Körper betrachtet werden als Produkte aus Materie und Kraft. Die Materie ist in den Körpern das Bleibende, Constante, die Kraft dagegen das sich Aendernde und Veränderung Bewirkende. Dem materiellen Inhalte verdanken die Körper einen gewissen Bestand in ihrer Erscheinungsweise, der Kraft dagegen die Eigenschaft der Veränderlichkeit. Da die Temperatur und andere Umstände, welche Einfluss auf die Körper

folgenden Arbeit doch ausführlicher und eingehender zu besprechen haben werde.

üben, sehr mannigfaltig und fast fortwährend wechseln, so kann man im Allgemeinen sagen, dass die Kräfte, welche auf die materiellen Theilchen der Körper wirken, sowohl ihrer absoluten als relativen Grösse nach sich beständig, sei es nun rascher, sei es langsamer, ändern. Man hat sich daher unter Körper kein unveränderliches, sondern ein stets in Veränderung begriffenes Etwas zu denken. Gewöhnlich sind indess die Veränderungen, welche ein Körper in einem kurzen Zeitraume unter **gewöhnlichen** Umständen erleidet, zu unbedeutend, als dass sie nicht unserer sinnlichen Wahrnehmung entgehen sollten. Für kurze Zeit scheinen daher im Allgemeinen die Körper, wenn keine besonderen Umstände auf sie einwirken, keine Veränderung zu erleiden; zuweilen sind jedoch die Veränderungen bedeutend genug, um von uns bemerkt und erkannt zu werden. Bleiben sie der Grösse und der Zeitdauer nach innerhalb gewisser Grenzen, so erkennen wir den Körper immer wieder als denselben, überschreiten sie aber gewisse Grenzen, so verschwindet er als solcher, sei es nun, dass sein materieller Inhalt derselbe bleibt und sich nur anders individualisirt, oder nach einem andern Gesetze chemisch verbindet, oder sei es, dass derselbe als ein Ganzes sich mit anderer Materie verbindet, oder sich in seine Bestandtheile auflöst, die wiederum entweder selbstständige Körper oder Bestandtheile anderer bilden.

Die über den Somatismus angestellten Untersuchungen und die dadurch gewonnenen Resultate sind nun nicht bloss für die Somatologie, sondern auch für die Chemie von Interesse und Wichtigkeit. Denn jede bessere oder erweiterte Einsicht in das Wesen der Körper muss auf den Entwicklungsgang der Chemie, wie ihre Geschichte lehrt, einen bedingenden Einfluss üben, sei es, dass sie zur Aufstellung neuer Probleme hinführt, oder bereits aufgeworfene von neuen Gesichtspunkten aus betrachten lehrt (vergl. S. 2 f.). Wer die Erscheinungen des Di- und Polymorphismus, der Metamerie und Polymerie einer etwas genaueren Betrachtung würdigt, der muss auch erkennen und eingestehen, dass die Chemie in Folge ihrer eigenen Leistungen gegen-

wärtig auf einem Entwicklungsstadium angelangt ist, wo das Ungenügende ihres dermaligen wissenschaftlichen Standpunktes und die Unzulänglichkeit ihrer seitherigen Untersuchungsmethoden für die Erklärung und Erforschung der Metamorphose der Körper sich durchaus nicht mehr wegleugnen lässt.

Als seit Ende des vorigen Jahrhunderts die Chemiker die Einsicht gewannen, dass das Wesen eines Körpers nicht bloss, wie man bis dahin glaubte, durch die Qualität seines materiellen Inhaltes, sondern auch durch das quantitative Verhältniss seiner Bestandtheile bedingt werde, traten zu den qualitativen chemischen Untersuchungen die quantitativen. Den Grund somatischer Verschiedenheit suchte man von nun an, wenn nicht in einer qualitativen, so doch wenigstens in einer quantitativen Verschiedenheit des materiellen Inhaltes. In vollem Vertrauen auf die Richtigkeit dieser Ansicht glaubte man in den chemischen Formeln, welche den materiellen Inhalt der Körper nach Qualität und Quantität repräsentiren, ein ausreichendes Mittel zu finden, um sämtliche Körper ihrem Wesen nach hinreichend genau charakterisiren und sicher von einander unterscheiden zu können; doch währte es bei dem Eifer, mit welchem die quantitativen Untersuchungen von den Chemikern betrieben wurden, nicht lange, so wurden Verbindungen von qualitativ und quantitativ völlig gleichem Inhalte bekannt, die in ihren Eigenschaften sich wesentlich von einander verschieden zeigten, wie z. B. die dithionige Säure und die Pentathionsäure. Jene Ansicht musste also, wenn solche Fälle sich ihr unterordnen lassen sollten, eine Erweiterung oder Modification erleiden. Aus der verschiedenen Sättigungscapacität beider Säuren schloss man, dass ihre Atomencomplexe verschiedenzählig seien, dass nämlich erstere bestehe aus S^2O^2 , letztere dagegen aus S^5O^5 . Bald wurden jedoch noch andere Verbindungen von qualitativ und quantitativ gleichem materiellen Inhalte bekannt, deren Verschiedenheit sich nicht aus einer Verschiedenzähligkeit ihrer Atomencomplexe erklären liess, die man vielmehr als aus gleich viel Atomen bestehend betrachtete, wie z. B. Essig-

säurehydrat und ameisensaures Methyloxyd. Aus ihrer verschiedenen Entstehungs- und Zersetzungsweise schloss man auf eine verschiedene Gruppierung ihrer Atome und leitete daraus wieder die Verschiedenheit in den Eigenschaften beider Verbindungen ab. Indem man sich nun bemühte, die Verschiedenheit in der Gruppierung der Atome in den chemischen Formeln zur Anschauung zu bringen, glaubte man die metameren Verbindungen charakterisiren und von einander unterscheiden zu können. Wie unsicher indess bis jetzt die Basis noch ist, auf welcher die chemischen Formeln beruhen, beweist schon der Umstand, dass es, namentlich in der organischen Chemie, für die Zusammensetzung einer und derselben Verbindung nicht selten etwa ein halbes Dutzend solcher giebt, die sehr bedeutend von einander abweichen, ohne dass die Richtigkeit oder Unrichtigkeit der einen oder der andern mit voller Sicherheit nachgewiesen werden könnte. — Die Erscheinung des Di- und Polymorphismus setzt es nun ausser allen Zweifel, dass die chemischen Formeln in ihrer jetzigen Gestalt weit davon entfernt sind, als wirklich somatische gelten zu dürfen, da sie in vielen Fällen nicht einmal hinreichen wesentlich von einander verschiedene Körper nur einigermaßen zu unterscheiden. Isomere Körper erhalten bis jetzt trotz der wesentlichen Verschiedenheit ihrer Eigenschaften völlig gleiche chemische Formeln; so ist z. B. die des Kalkspathes wie die des Aragonites $= \text{CaO CO}_2$, die des monoklinoedrischen wie die des rhombischen Schwefels $= \text{S}$ u. s. w. — Worin die Umwandlung isomerer Körper in einander ihren Grund hat, lässt sich daher aus den chemischen Formeln bei deren jetziger Beschaffenheit durchaus nicht erkennen; worin er indess zu suchen ist, haben die vorausgegangenen Untersuchungen hinlänglich ergeben. Das Wesen der Körper ist nämlich sowohl von ihrem materiellen Inhalte als von ihrem dynamischen Verhältnisse abhängig; die chemischen Formeln müssen daher, um dasselbe vollständig zu erfassen, sich darstellen als Funktionen nicht bloss des einen, sondern beider Faktoren, d. h. als Funktionen des materiellen Inhaltes und der auf denselben wirkenden Kräfte.

Ueber Mikromechanik.

So einleuchtend es einerseits auch ist, dass die chemischen Formeln in ihrer jetzigen Gestalt nicht als eigentlich somatische, d. h. nicht als solche betrachtet werden dürfen, in welchen das ganze Wesen der Körper ausgesprochen wäre und aus denen die Eigenschaften derselben wiederum abgeleitet werden könnten, so schwierig ist doch andererseits bei der jetzigen naturwissenschaftlichen Erkenntniss immer noch die Ergründung des ursächlichen Zusammenhanges sämtlicher Eigenschaften und die mathematische Erfassung derselben zur Gewinnung und Aufstellung wirklich somatischer Formeln. Wer den gegenwärtigen Standpunkt der Naturwissenschaften und namentlich auch den der Chemie richtig beurtheilt und die Schwierigkeiten, mit denen die Lösung des Problems verknüpft ist, nicht etwa unterschätzt, wird auch eine wirkliche Lösung desselben in unsern Tagen noch nicht erwarten, vielmehr erkennen, dass solche noch eine Menge Vorarbeiten erfordert und folglich erst den Bestrebungen späterer Forscher in der That vollständig gelingen kann. Wir in unseren Tagen hingegen werden uns bescheiden müssen die Lösung selbst nur vorzubereiten und zwar vorerst durch Aufsuchung allgemeiner Gesichtspunkte zur Orientirung bei den Untersuchungen so wie durch Gewinnung von mehr allgemeinen als von speciellen Resultaten. Im gegenwärtigen Kapitel können und sollen daher auch nicht etwa ins Einzelne gehende mikromechanische Untersuchungen, sondern nur allgemeinere Betrachtungen zur Gewinnung allgemeiner Resultate über das Zusammenwirken von Kraft und Materie innerhalb der Körper angestellt werden, woraus sich indess auf den Charakter speciellerer Untersuchungen, die ich für die Zukunft beabsichtige, schliessen lassen wird.

Materielle Theilchen an und für sich als blosse träge Massen würden nur ein lockeres, todtes Nebeneinander ergeben können, aber niemals im Stande sein, in bestimmter

Weise mit einander in Verbindung zu treten, sich in gewissen Entfernungen von einander zu behaupten und durch eine gesetzmässige Vereinigung ein solches Ganze darzustellen, dem ein bestimmter Inbegriff von Eigenschaften zukäme und das den Namen Körper nur irgendwie verdiente. Die Herbeiführung und Aufrechterhaltung einer gesetzmässigen Vereinigung oder Verbindung materieller Theilchen kann vielmehr nur das Werk der in denselben und auf dieselben wirkenden Kräfte sein.

Da die Kräfte nun nicht etwa nach Willkür, sondern nach dem unabänderlichen Gesetze der Nothwendigkeit wirken, so muss das Gesetz, nach welchem irgend eine Kraft ihre Wirkung äussert, auch stets und unabänderlich dasselbe bleiben, mag sie nun auf Körper, also auf Vereine materieller Theilchen, oder mag sie auf letztere selbst wirken. Ein Unterschied in den hiebei eintretenden Erscheinungen kann daher nicht etwa von einer Verschiedenheit in der Wirkungsweise dieser Kraft selbst abhängig sein, sondern hat seinen Grund ausser ihr und zwar in der verschiedenen Beschaffenheit der Gegenstände, auf welche sie, oder der Umstände, unter welchen sie ihre Wirkung äussert. Der Erfolg, welcher aus der Wirkung der Kräfte auf die materiellen Theilchen der Körper entspringt, muss daher nach den Gesetzen der Mechanik abhängig sein sowohl von der Grösse und Gestalt dieser Theilchen selbst, wie von der Grösse der Kräfte und von den Richtungen, in welchen diese auf jene wirken, so wie endlich von der bereits bestehenden Verbindungs- und Anordnungsweise der materiellen Theilchen. Es müssen mithin auch mathematisch bestimmbare Gesetze existiren und sich endlich auffinden lassen, nach denen die materiellen Theilchen durch Einwirkung von Kräften zu solchen Ganzen, die man Körper nennt, verbunden werden, und nach denen die entstandenen Verbindungen entweder bald bloss vorübergehende Veränderungen, bald bleibende Modificationen erleiden, oder sich auch wieder gänzlich auflösen. — Die Lehre von den Bedingungen, unter welchen ein Verein materieller Theilchen einen bestimmten Modus der Vertheilung und in Folge des-

sen einen bestimmten Inbegriff von Eigenschaften behauptet, oder unter welchen ein Körper als derselbe fortbesteht, nennen wir Mikrostatik; die Lehre von den Gesetzen dagegen, nach welchen jener Modus der Vertheilung eine wesentliche Veränderung erleidet, oder nach welchen ein Körper aufhört, derselbe zu sein, nennen wir Mikrodynamik. Beide Lehren zusammen geben die Mikromechanik.

In welchem Verhältnisse die Somatologie und Chemie zur Mikrostatik und Mikrodynamik und folglich auch zu einander stehen, wurde schon in der Einleitung S. 12 f. angegeben. Die Somatologie hat nämlich zum Gegenstande ihrer Untersuchungen das Wesen der Körper. Dieses wird nun bedingt durch die Art und Weise, wie die materiellen Theilchen unter Mitwirkung von Kräften zu einem Ganzen verbunden sind. Die Somatologie hat also diesen Modus der Vertheilung und die Bedingungen seines Fortbestehens zu erforschen und die Eigenschaften der Körper daraus abzuleiten. Die Chemie dagegen hat zum Gegenstande ihrer Forschungen die Entstehung der Körper. Sie sucht daher die Bedingungen kennen zu lernen, unter welchen die materiellen Theilchen eines Körpers unter Mitwirkung von Kräften sich nach einem neuen Modus der Vertheilung gruppieren, d. h. sie erforscht die Gesetze, nach welchen die Umwandlungen der Körper in einander erfolgen. Die Somatologie betrachtet den Körper als etwas Gegebenes, Fertiges und Bleibendes, also im Zustande des Seins, die Chemie dagegen als etwas in der Entstehung oder Umwandlung Begriffenes, mithin im Zustande des Werdens oder Anderswerdens. Während sich also jene im Grunde als Mikrostatik, muss sich diese als Mikrodynamik erweisen. Wie nun aber überhaupt Sein und Werden auf das innigste mit einander verknüpft sind, Eins aus dem Andern hervorgeht, so sind auch Mikrostatik und Mikrodynamik auf das engste mit einander verkettet, mit einander verwachsen, so dass ein Fortschritt in der einen auch einen Fortschritt in der andern nothwendig bedingt und überhaupt Beide nur in ihrem Zusammenhange mit einander richtig begriffen und er-

fasst werden können. Wie tief Beide in einander eingreifen müssen, lassen die Körper selbst in der Art und Weise ihres Fortbestehens deutlich erkennen. Unter Sein oder Fortbestehen eines Körpers darf man sich nämlich nicht etwa ein starres Sichgleichbleiben und unveränderliches Verharren seiner materiellen Theilchen in einem und demselben Zustande denken, sondern muss es als ein innerhalb gewisser Grenzen immerwährend hin und her schwankendes Anderswerden auffassen, und zwar so, dass ein Körper hiebei immer noch als derselbe erkannt wird; während man unter Umwandlung desselben ein jene Grenzen überschreitendes Anderswerden zu verstehen hat, so dass er bei der Rückkehr der ursprünglichen äusseren Einflüsse als jener bestimmte Körper verschwunden ist (vergl. S. 158 f.). — Hieraus erkennt man zugleich, dass die Somatologie und Chemie ganz eng verbundene Wissenschaften und eigentlich nur Glieder oder bloss verschiedene Seiten eines höheren Ganzen, der Mikromechanik, sind, dass folglich die eine nicht ohne die andere mit rechtem Erfolge gepflegt werden kann.

Bevor speciellere mikromechanische Untersuchungen möglich sind, ist es vor Allem nothwendig, im Allgemeinen erst eine Vorstellung von der Art und Weise zu gewinnen, wie die Kräfte innerhalb der Körper auf die materiellen Theilchen wirken.

Aus den Untersuchungen über die Raumerfüllung innerhalb der Körper wissen wir, dass in den allermeisten derselben der leere Raum um ein sehr Bedeutendes grösser ist als der erfüllte *), so dass man die Annahme einer gegenseitigen Berührung oder Aneinanderlagerung der materiellen Theilchen gänzlich aufgeben und dafür die gegentheilige statuiren muss, dass diese Theilchen in gewissen, ihren eigenen Durchmesser mehrmals übertreffenden Abständen oder Entfernungen von einander sich befinden. Die weiteren Untersuchungen lehrten sodann, dass die Verbindung und Anordnung dieser Theilchen als eine im höchsten Grade ge-

*) Man vergleiche Tab. 1—4. S. 65—69.

setzmässige und in jedem Körper als eine bestimmte, ihm eigenthümliche betrachtet werden muss, da mit ihr der ganze Complex der Eigenschaften im allerinnigsten Zusammenhange steht. — Unsere nächste Aufgabe soll daher auch darin bestehen, die Frage zu erwägen, in welcher Weise die Kräfte auf die materiellen Theilchen wirken müssen, damit diese in bestimmten Entfernungen von einander gehalten werden und aus ihrer Vereinigung oder Verbindung ein Ganzes mit einem bestimmten Complexe von Eigenschaften, d. h. ein Körper, hervorgehen kann.

Aus der gegenseitigen Anziehung sämmtlicher Körper oder Substanzen hat man, wie wir früher sahen, auf die allgemeine Eigenschaft der Materie, sich gegenseitig anzuziehen, geschlossen und aus der gleichen Fallgeschwindigkeit sämmtlicher irdischen Körper im luftleeren Raume das Gesetz gefolgert, dass ihre Anziehungskraft ihren Massen oder Quanten Materie proportional ist (vergl. S. 46 ff.). Ferner wurde von Hooke auf dem Wege der Erfahrung nachgewiesen und erst viel später von seinem Zeitgenossen Newton durch den Calcül bestätigt, dass sowohl bei den irdischen Substanzen, wie bei den grossen Weltkörpern unseres Sonnensystemes die Anziehung im directen Verhältnisse ihrer Massen und im umgekehrten Verhältnisse der Quadrate ihrer Entfernungen zu- und abnimmt. Wenn also die Masse 1 von der Masse 1 in der Entfernung 1 mit der Kraft 1 angezogen wird, so ist die gegenseitige Anziehung der Massen M und m in der Entfernung ϵ gleich $\frac{Mm}{\epsilon^2}$. Dieses Gesetz der Anziehung ist nun zunächst bloss für Körper, die sich in grösseren Entfernungen von einander befinden, wirklich nachgewiesen worden; für Massen dagegen, deren Abstände von einander nur sehr klein sind, hat man es wahrscheinlich zu machen gesucht, dass ihre Anziehung in einem rascheren Verhältnisse und zwar im umgekehrten Verhältnisse einer höheren Potenz ihrer Entfernungen zu- oder abnimmt. Dem mag indess sein, wie ihm wolle, immerhin muss auch für die materiellen Theilchen der Körper das Gesetz gelten, dass ihre Anziehung im Verhältnisse ihrer

Massen wächst und in irgend einem Verhältnisse zu ihren gegenseitigen Entfernungen steht, so dass die Anziehung zwischen zwei materiellen Theilchen M und m gleich $\frac{Mm}{e^n}$ sein muss, wo n entweder gleich oder grösser als 2 ist (in Zeichen $n \geq 2$).

Würde nun auf die im Raume vorhandene Materie keine andere Kraft als diese gegenseitige Anziehungskraft wirken, so wäre die nothwendige Folge hievon die, dass sämtliche Materie sich zu einer einzigen Masse vereinigte. So gross nun aber auch die Anziehungskraft ist, welche zwischen der Sonne und den Planeten wirkt, so treffen letztere doch nie mit ersterer zusammen, weil, wie Newton so glücklich war in mathematischer Weise darzuthun, der Wirkung dieser Kraft eine andere, die er Flieh- oder Centrifugalkraft nannte, entgegenwirkt und die Planeten beständig von der Sonne zu entfernen strebt, so dass durch das Zusammenwirken der Anziehungs- oder Centripetalkraft und der Flieh- oder Centrifugalkraft die Planeten genöthigt werden, sich in elliptischen Bahnen um die Sonne zu bewegen.

Wie nun die Himmelskörper in bestimmten, wenn auch beständig und periodisch wechselnden Entfernungen von einander sich befinden, eben so behaupten sich auch die materiellen Theilchen der Körper in bestimmten, wenngleich entweder beständig oder je nach Umständen wechselnden Abständen von einander. Es muss mithin auch in den Körpern der gegenseitigen Attraction der materiellen Theilchen nothwendig eine Kraft oder eine Mehrheit von Kräften entgegenwirken, weil ausserdem diese Theilchen sich zu einem blossen regellosen Klumpen vereinigen würden, aber niemals sich in gesetzmässigen Entfernungen von einander behaupten und ein Etwas, das man Körper nennt, zu bilden vermöchten. Zwischen den materiellen Theilchen der Körper muss also der mit der Annäherung in sehr raschem Verhältnisse zunehmenden Attraction durch eine entgegengesetzte Wirkung von Kraft oder Kräften — Repulsion oder Abstossung — in irgend einer Weise das Gleichgewicht gehalten werden.

Wie man zur Erklärung der Attraction auf eine besondere, der Materie inhärirende Attractivkraft zu schliessen sich veranlasst fand, so hat man auch, um die Repulsion zu erklären, nicht selten eine besondere, der Materie ebenfalls unzertrennlich innewohnende Repulsivkraft und zwar von solcher Beschaffenheit angenommen, dass sie jener in gerade entgegengesetzter Richtung entgegenwirke und dass ihre Wirkung bei der Annäherung oder Entfernung der materiellen Theilchen in ganz gleichem Verhältnisse wie die Wirkung der Attractivkraft zu- und abnähme. Existirte nun in der That eine besondere Repulsivkraft von der angegebenen Beschaffenheit, so dürften ihr die Naturerscheinungen wenigstens nicht widersprechen, müssten vielmehr mit ihr im Einklange stehen. Damit nun die materiellen Theilchen innerhalb der Körper in gewissen Abständen oder Entfernungen von einander gehalten würden, müssten die Attractivkraft und die Repulsivkraft mit einander im Gleichgewichte stehen und ihre Wirkungen sich gegenseitig aufheben; denn sobald in einem Körper die Attraction das Uebergewicht über die Repulsion hätte, müsste eine Volumenverminderung, dagegen im umgekehrten Falle eine Volumenvermehrung eintreten.

Wenn nun in der That die Ansicht, dass die Wirkung der Repulsivkraft genau in demselben Verhältnisse wie die Wirkung der Attractivkraft zu- und abnähme, die richtige wäre, so müssten, wenn in einem Körper überhaupt jemals Repulsion und Attraction einander gleich wären, dieselben auch bei jeder beliebigen Entfernung der materiellen Theilchen, oder, was dasselbe heisst, bei jedem beliebigen Volumen des Körpers einander gleich bleiben und folglich einander auch stets das Gleichgewicht halten. Daraus würde ferner folgen, dass jeder äussere Einfluss auf den Körper, Druck oder Zug, weil dadurch der Wirkung der einen oder andern jener beiden Kräfte das Uebergewicht verschafft würde, bei hinreichender Stärke oder hinreichend langer Einwirkung jede beliebige Volumenverminderung oder Volumenvermehrung hervorzubringen im Stande sein müsste. Ein Grund, weshalb irgend ein Körper vorzugs-

weise das eine oder das andere Volumen einnehmen sollte, liesse sich demnach durchaus nicht einsehen; vielmehr würde sich das Volumen als etwas rein Zufälliges, aber keineswegs als etwas einem Körper Eigenthümliches erweisen. Eine Hypothese, die zu einem solchen Resultate hinführt, darf nicht im mindesten Anspruch auf Gültigkeit erheben. Denn die Erfahrung lehrt, dass die Körper unter gleichen Umständen (Druck und Temperatur) bei gleichen Quanten Materie höchst verschiedene, ihnen eigenthümliche Volumina besitzen und mit einer gewissen Beharrlichkeit behaupten, dass namentlich die festen Körper dem Versuche des Zerdrückens, wie dem des Zerreißens einen Widerstand leisten, der zuweilen ein sehr bedeutender ist und sich durchaus nicht aus dem Zusammenwirken der Attractivkraft und einer Repulsivkraft von der oben angegebenen Beschaffenheit ableiten oder nur irgendwie erklären lässt. — Einige Naturforscher, welche das Ungenügende jener Hypothese einsahen, glaubten nun, um die Cohäsionserscheinungen erklären zu können, zu der Annahme einer besondern Cohäsionskraft, die in den Körpern wirke, genöthigt zu sein. Dass indess die Einführung dieser Kraft in die Wissenschaft eine sehr überflüssige ist und sich aus derselben im Grunde gar Nichts erklären lässt, bedarf fast nicht einmal der Andeutung *). — Andere Naturforscher dagegen nahmen zur Erklärung der erwähnten Erscheinungen an, dass die Attractiv- und die Repulsivkraft einander zwar in gerade entgegenge-

*) Eben so hat man, um die Adhäsions- und chemischen Erscheinungen u. s. w. zu erklären, sich zur Annahme einer besondern Adhäsionskraft, einer besondern chemischen Kraft (Affinität) u. s. w. veranlasst gefunden. Obgleich man nun von Adhäsion, Cohäsion, Krystallisation, Chemismus u. s. w. als von verschiedenen, eigenthümlichen Erscheinungen mit Recht spricht, so ist man deshalb doch noch keineswegs zur Annahme ganz besonderer und von den übrigen wesentlich verschiedener Kräfte berechtigt, aus deren Wirksamkeit jene Erscheinungen hervorgingen. Während man die genannten Erscheinungen der Wirkung besonderer Kräfte zuschrieb, glaubte man dagegen zur Erklärung der magnetischen, elektrischen und Wärme-Erscheinungen eine magnetische, elektrische Flüssigkeit und einen Wärmestoff annehmen zu müssen,

setzten Richtungen entgegenwirkten, dass aber die Wirkung der letzteren nach einem andern Verhältnisse zu- und abnahme, und zwar dass ihre Zunahme bei Annäherung der materiellen Theilchen in einem rascheren Verhältnisse erfolge, als es bei der Attraction der Fall sei.

Wiewohl nun diese Auffassung vom Wesen der Repulsion die Cohäsionserscheinungen im Allgemeinen, wie es scheint, weit besser zu erklären vermag, so muss doch die Annahme einer besonderen Repulsivkraft, die der Materie unzertrennlich inhärire und auf die materiellen Theilchen in einer der Attractivkraft gerade entgegengesetzten Richtung wirke, als eine zu willkürliche und von den Naturerscheinungen noch keineswegs gebotene betrachtet werden. Denn mit gleichem Rechte liesse sich schon ohne Weiteres annehmen, dass die Repulsion durch Kräfte hervorgebracht werde, die der Materie nicht unzertrennlich inhäriren und nur in wesentlich andern Richtungen als die Attractivkraft wirken *). — Noch andere Naturforscher endlich sprechen zwar der wägbaren Materie die eben angegebene Repulsivkraft ab und belassen ihr als inhärirend nur die Anziehungskraft, suchen aber die Repulsionserscheinungen durch die Annahme eines durch das ganze Weltall und im Innern der Körper zwischen den materiellen Theilchen verbreiteten, äusserst feinen, den Gesetzen der Schwere nicht unterworfenen Fluidums, Aether genannt, zu erklären, dessen Theilchen in Folge einer ihnen unzertrennlich innewohnenden Repulsivkraft einander abstossen und abstossend auf die materiellen Theilchen im Innern der Körper wirken sollen. Ist indess schon die Existenz des Aethers an und für sich in hohem Grade problematisch, so ist es selbstverständlich die seinen Theilchen beigelegte Eigenschaft der Repulsion in noch erhöhtem Grade.

*) Wenn Manche eine Repulsivkraft von der eben angegebenen Beschaffenheit und noch obendrein eine besondere Cohäsionskraft annehmen, so ist das als ein ganz unwissenschaftliches Verfahren zu bezeichnen, das im Mangel an einem nur irgendwie selbstständigen Nachdenken über diesen Gegenstand seinen Grund hat.

Als für das Gedeihen der Wissenschaft ganz entschieden nachtheilig hat sich nun von jeher die Scheu erwiesen, an der Richtigkeit solcher kühnen, bereits eingebürgerten Hypothesen Zweifel zu erheben. Hypothesen, die aus so kühnen und zugleich unsichern Abstractionen hervorgegangen sind, wie die Hypothese vom Aether, hat man wie verdächtige Münzen zu behandeln, die man vor ihrer Annahme erst durch genaues Abwägen gehörig prüfen und, wenn die Prüfung zu keinem sicheren Resultate führen sollte, fortwährend als verdächtige Waare betrachten muss. Wir werden daher, um den festen Boden der Wissenschaft nicht zu verlieren, auch im Folgenden, wie wir es bisher gethan haben, alle unerwiesenen Hypothesen, wie die eben genannten, auf das sorgfältigste zu vermeiden suchen, von der Erfahrung ausgehen und uns hüten, aus ihr mehr zu folgern, als sie selbst zu folgern, gebietet.

Da, wie die Erfahrung ganz unzweifelhaft lehrt, die Körper bei jeder Temperaturerhöhung eine Volumenvermehrung erleiden und hier die eintretende Expansion aus keiner andern Ursache, sondern lediglich aus der eigenthümlichen Wirkungsweise der Wärme hergeleitet werden darf und kann, so ergiebt sich, dass der Wärme das Streben innewohnt, die materiellen Theilchen der Körper in grössere Entfernungen von einander zu versetzen, folglich der Attraction, welche diese einander zu nähern strebt, in irgend einer Weise entgegenzuwirken. Die Volumenveränderung steht nun aber auch mit einer Aenderung in dem Verhältnisse derjenigen Kräfte, welche die materiellen Theilchen von einander entfernen und mit einander verbinden, in einem ursächlichen Zusammenhange. Je weiter nämlich die materiellen Theilchen von einander entfernt werden, desto schwächer wird nach dem Hooke-Newton'schen Gesetze die zwischen ihnen stattfindende Attraction, und zwar erfolgt die Abnahme letzterer in einem sehr raschen Verhältnisse. Wird also durch Temperaturerhöhung das Volumen eines Körpers vergrössert, indem sich seine materiellen Theilchen weiter von einander entfernen, so muss schon ganz allein in Folge dieser grösseren Entfernung derselben eine Ab-

nahme der zwischen ihnen bestehenden Attraction, mithin auch eine Abnahme in der Cohärenz des Körpers oder in dem Zusammenhalte seiner Theilchen eintreten. Die Cohäsion oder Cohärenz eines Körpers muss demnach bei Temperaturerhöhung aus einem doppelten Grunde eine Verminderung erleiden, einmal nämlich, weil in ihm die Repulsion wächst, und dann, weil in Folge der dadurch herbeigeführten grösseren Entfernung der materiellen Theilchen von einander eine verhältnissmässig sehr rasche Abnahme der Attraction eintritt.

Mit dieser Schlussfolgerung steht nun die Erfahrung in vollkommenem Einklange; denn diese zeigt, dass der Widerstand, welchen ein Körper dem Zerreißen oder überhaupt der Trennung seiner Theilchen entgegensetzt, in dem Maasse abnimmt, wie seine Temperatur steigt, d. h. dass mit Erhöhung seiner Temperatur unter übrigens gleichen Umständen seine Cohäsion abnimmt. Ein Metalledraht z. B., welcher bei einem gewissen Temperaturgrade ein bestimmtes Gewicht noch so eben zu tragen vermag, kann, wenn er um einige Grade stärker erwärmt wird, dasselbe Gewicht nicht mehr tragen, sondern wird dadurch zerrissen. Ferner können nicht bloss die tropfbarflüssigen Körper durch erhöhten Einfluss der Wärme in den gasförmigen, sondern auch die meisten festen Körper bei hinreichend hohen Hitzegraden in den tropfbarflüssigen und viele sogar, wie z. B. Gold und Silber, in den gasförmigen Zustand übergeführt werden. Bei einem tropfbarflüssigen Körper zeigt sich nun die Cohäsion dermaassen aufgehoben, dass sie seine Theilchen nicht mehr zur Bildung eines starren Ganzen mit bestimmter äusserer Gestalt zusammen zu halten vermag, vielmehr die Bestimmung der gegenseitigen Stellung und der äusseren Gestalt, welche diese Theilchen annehmen, äusseren Einflüssen (Gefäss, Gravitation u. s. w.) überlassen muss; Attraction und Repulsion stehen hier mit einander im Gleichgewichte. Bei einem gasförmigen Körper endlich ist der Zusammenhalt seiner Theilchen so gänzlich beseitigt und vernichtet, dass diese, anstatt nach einander hingezogen zu werden, einander fliehen, sich immer weiter von einander zu entfernen

streben, und der Raum, den sie einnehmen, bloss durch den auf ihnen lastenden Druck, also durch äusseren Einfluss, bestimmt wird; Attraction und Repulsion sind hier nicht mehr im Gleichgewichte, vielmehr waltet letztere gegen erstere ganz entschieden vor. Während also die Theilchen eines festen Körpers das Streben besitzen, zusammenzuhalten, und daher jedem Trennungsversuche einen grösseren oder geringeren Widerstand leisten, ist dieses Streben bei den tropfbarflüssigen Körpern ein verschwindendes geworden und hat sich bei den gasförmigen in das entgegengesetzte Streben, nämlich in das Streben ihrer Theilchen, einander zu fliehen, umgewandelt.

Um sich nun eine ungefähre Vorstellung von der Grösse der repulsiv wirkenden Arbeit zu machen, welche die Wärme innerhalb der Körper verrichtet, darf man nur erwägen, welcher grosser Kraftaufwand beim Zerreißen von Metallstücken und andern Körpern erforderlich ist*), obgleich hierbei eine wirkliche Trennung nur zwischen einer verhältnissmässig geringen Anzahl materieller Theilchen stattfindet, während die Wärme sich durch den ganzen Körper, wenn nicht ganz, so doch ziemlich gleichmässig verbreitet und dessen sämtliche Theile in grössere Entfernungen von einander rückt. Es muss mithin diejenige der Wärme innewohnende und auf die materiellen Theilchen übergehende Repulsiv-

*) „Durch Versuche von Eitelwein, Tredgold u. A. hat man gefunden, dass bei 1 □Centimeter Querschnitt die absolute Festigkeit der Körper durch folgende Zahlen in Kilogrammen ausgedrückt wird:“

Stahl, harter	10820	Zink	198
Eisen, geschmiedet	5343	Blei	62
„ gegossen	{deutsches 4816	Glas	192
	{englisches 6611	Eichenholz, Kern	1819
Eisendraht	6434	„ Splint	1000
Silber, gegossen	2284	Weissbuchen	1395
Kupfer, geschmiedet	2325	Buchs	1080
Gold, gegossen	1438	Weisstanne	957
Messing	1265	Mahagoni	600
Zinn	421	Hanfseile	615.

S. Eisenlohr: Lehrbuch der Physik, 7. Aufl. S. 19.

kraft, welche hinreicht die Körper zum Schmelzen zu bringen, also der Attraction das Gleichgewicht zu halten, mindestens eben so gross sein, wie diejenige Kraft ist, welche die Körper zu zerreißen vermag.

Ueber das Wesen der Cohäsion kann hiernach kein Zweifel mehr obwalten; denn da der Cohäsionsgrad eines Körpers, oder die Stärke, mit welcher dessen Theilchen zusammengehalten werden, nicht bloss von der Grösse der zwischen ihnen wirkenden Attraction, sondern zugleich noch, und zwar ganz wesentlich von der Grösse der durch die Wärme verursachten Repulsion bestimmt wird, so darf man die Cohäsion eines Körpers nicht, wie es früher allgemein geschah und jetzt noch sehr häufig geschieht, der Wirkung einer besonderen, eigenthümlichen Kraft — Cohäsionskraft genannt — zuschreiben, sondern muss sie als das Resultat des Zusammenwirkens von zweierlei Kräften, die einestheils Attraction, andernteils Repulsion erzeugen, betrachten.

Um nun zu begreifen, wie die Wärme im Stande ist, solche repulsive Wirkung in den Körpern hervorzubringen, ist es nothwendig, ihr Wesen genauer ins Auge zu fassen und namentlich von der Art und Weise, wie die ihr inwohnende Kraft auf die materiellen Theilchen wirkt, eine klare Vorstellung zu gewinnen.

Wärme und Licht sind als wesentlich gleichartig, nämlich Beide als Bewegungsphänomene anzusehen, die durch stossweise wirkende Kräfte veranlasst werden und wellenförmig zu uns gelangen. Unser Auge vermag aber nur solche wellenförmige Bewegungen als Licht zu empfinden, deren Wellenlängen nicht mehr als 0,00074 und nicht weniger als 0,00039 Millemeter betragen. Da nun das Licht in einer Sekunde einen Weg von 42100 Meilen zurücklegt, so erzeugt es an einer und derselben Stelle in einer Sekunde 420—800 Billionen Schwingungen. Langsamere und schnellere Schwingungen werden von uns nicht mehr als Licht empfunden, wohl aber als Wärme, oder können noch chemische Wirkungen hervorbringen. Nach diesem neuesten Standpunkte naturwissenschaftlicher Erkenntniss sind Licht

und Wärme entweder identisch oder es herrscht zwischen ihnen doch wenigstens kein wesentlicher, sondern höchstens nur ein gradueller Unterschied.

Die wellenförmigen Bewegungen, die sich unserm Gefühle als Wärme offenbaren können, dringen nun in das Innere der aus leeren Räumen und materiellen Theilchen bestehenden Körper und wirken hier in zweifacher Weise, nämlich entweder als freie Wärme oder als auf die materiellen Theilchen repulsiv wirkende Kraft (Molecularkraft). Sie finden hier nämlich zum Theil Platz, sich in ihrer bisherigen Weise fortzupflanzen, ohne auf Widerstand zu treffen; zum Theil aber treffen sie auf die materiellen Theilchen und wirken auf sie dann natürlich stossweise. Sind nun auch die einzelnen Stösse, welche den materiellen Theilchen ertheilt werden, als an und für sich höchst unbedeutend und in ihrer Wirkung verschwindend klein zu betrachten, so müssen sie doch, wenn sie so rasch auf einander folgen, dass ihre Anzahl innerhalb des kleinen Zeitraums von einer Sekunde auf Billionen ansteigt, eine nicht unbedeutende Gesamtwirkung hervorbringen. Denn durch die rasche Aufeinanderfolge vereinigen sich unendlich viele unbedeutende Stösse gleichsam zu einem einzigen bedeutenden Stosse. — Welche beträchtliche Gesamtwirkung eine Reihe rasch auf einander folgender kleinen Stösse in kurzer Zeit hervorzurufen vermag, lässt sich in folgender Weise durch Versuche sehr leicht zeigen. Man denke sich z. B. ein um seine Achse leicht drehbares Rad an der Welle, bei dessen Drehung nur ein äusserst geringer Reibungswiderstand zu überwinden ist. Diesem kann man nun zunächst einen kleinen Stoss ertheilen, der eben hinreicht, es mit einer ganz geringen Geschwindigkeit in Bewegung zu setzen. Lässt man sodann eine Reihe gleicher Stösse in rascher Folge darauf einwirken, so wird die Geschwindigkeit seiner Bewegung immer grösser und grösser, bis sie endlich zu einer sehr bedeutenden Höhe anwächst. Die Kraft, welche erforderlich ist, um die Bewegung des Rades plötzlich zu hemmen, ist gleich der dasselbe bewegendem, in ihm gesammelten und von den Stössen herrührenden Kraft.

So gross nun auch die Summe der einzelnen Stösse und deren Gesamtwirkung ist, welche die Wärme auf die materiellen Theilchen der Körper ausübt, so findet doch in der Regel keine Bewegung der Körper als solcher statt, sondern die Wärme bewirkt nur eine Expansion derselben, d. h. eine grössere gegenseitige Entfernung der Körpertheilchen. Der Grund dieser Erscheinung kann natürlich nur darin gesucht werden, dass in diesem Falle die repulsive Wirkung die Körper nicht als solche, sondern nur ihre materiellen Theilchen betrifft; und der Grund hievon liegt wiederum theils in der Art und Weise, wie überhaupt die Wärme wirkt, theils in der Beschaffenheit der Körper. Aus den Erscheinungen der Interferenz, Polarisation, Doppelbrechung u. s. w., welche man nicht nur beim Lichte, sondern auch bei der Wärme beobachtet hat, darf man schliessen, dass wie beim Lichte, so auch bei der Wärme die Stösse senkrecht oder doch vorzugsweise senkrecht zu der Fortpflanzungsrichtung derselben erfolgen, die Schwingungen also wenigstens vorzugsweise transversale sind. Hieraus würde folgen, dass die Wärme nicht sowohl eine vorwärts bewegende Wirkung auf die Körpertheilchen übt, als diese vielmehr nur senkrecht zur Fortpflanzungsrichtung der Wellen von einander zu entfernen strebt. Da nun ferner die absolute Grösse der Schwingungsweite bei der Wärme nur als eine ausserordentlich geringe angenommen werden kann und die Körper verhältnissmässig grosse leere Zwischenräume besitzen, so ist es leicht begreiflich, dass die Wärmewellen in das Innere der Körper dringen, ohne solche selbst in Bewegung zu setzen. — Schallwellen dagegen, die im Vergleiche zu den Wärmewellen und im Verhältnisse zur gegenseitigen Entfernung der materiellen Theilchen ausserordentlich breit zu nennen sind, müssen ganz selbstverständlich auf die Körper eine ganz andere Wirkung hervorbringen; denn eine Schallwelle trifft zu gleicher Zeit eine grosse Anzahl materieller Theilchen, kann folglich nicht einzelne in Bewegung setzen, ohne zugleich auch den benachbarten eine gleiche Bewegung mitzutheilen. Schallwel-

len sind deshalb auch im Stande, kleine Körper, wie z. B. Sandkörner in Bewegung zu setzen *).

Nach Vorausschickung dieser Erörterungen wird der Versuch, den mechanischen Erfolg, welcher durch das Zusammenwirken der in den Körpern thätigen Kräfte auf die materiellen Theilchen hervorgebracht wird, im Allgemeinen richtig zu beurtheilen, keine grossen Schwierigkeiten mehr bieten.

Gesetzt, es wirke in den Körpern ausser der mit der Materie unzertrennlich verbundenen Attractivkraft nur noch die in den Wärmewellen stossweise sich bethätigende und auf die materiellen Theilchen eine Reihe von Stössen verursachende Kraft, so ist zu untersuchen, welchen Effect beide Kräfte durch ihr Zusammenwirken auf die materiellen Theilchen hervorbringen müssen, und namentlich die Frage zu entscheiden, ob letztere unter dem Einflusse beider Kräfte im Zustande der Ruhe verharren oder in den der Bewegung versetzt werden.

Denken wir uns im Innern eines Körpers in gewissen, grösseren und kleineren Abständen von einander eine Anzahl materieller Theilchen und wählen aus ihnen eins für

*) Der Umstand, dass die Wärme einen Körper ausdehnt, ihn aber nicht als Ganzes in Bewegung setzt, steht nun in voller Uebereinstimmung mit dem bereits früher gewonnenen Resultate, dass die Körper keine wirklichen Continua darstellen, sondern aus materiellen Theilchen bestehen, die in grösseren oder geringeren Entfernungen von einander sich befinden. Denn hätte man sich unter Körper ein Continuum zu denken, so müsste die der Wärme innewohnende Kraft auf denselben als auf ein Ganzes ihre bewegende Wirkung äussern, könnte aber nicht seine Theilchen bewegen und dabei den Körper als Ganzes im Zustande der Ruhe verharren lassen. Derselbe Erfolg müsste, in höherem oder geringerem Grade, eintreten, wenn die Theilchen eines Körpers in dem von diesem eingenommenen Raume nicht frei schwebten, sondern mehr oder weniger fest mit einander verbunden wären und im starren Zusammenhange unter einander sich befänden. Denn alsdann würden einzelne in Bewegung versetzte Theilchen die übrigen in die Bewegung mit fortreißen und somit der Körper als Ganzes durch den Einfluss der Wärme aus dem Zustande der Ruhe in den der Bewegung versetzt werden müssen.

unsere weitere Betrachtung aus. Dasselbe wird von allen übrigen in verschiedenen Entfernungen von ihm befindlichen materiellen Theilchen mit verschiedener Stärke und nach verschiedenen Richtungen hin angezogen. Hiebei sind nun zwei Fälle als möglich denkbar; entweder nämlich stehen die verschiedenen auf dasselbe statthabenden Anziehungen mit einander im Gleichgewichte, d. h. heben einander in ihren Wirkungen so auf, dass unter ihrem alleinigen Einflusse das materielle Theilchen in Ruhe verbleiben muss, oder die verschiedenen Anziehungen halten einander nicht das Gleichgewicht, so dass eine anziehende Gesamtwirkung nach einer bestimmten Richtung mit einer bestimmten Kraft resultirt und in Folge dessen dem materiellen Theilchen eine Bewegung in der Richtung der Resultirenden mit einer der Grösse der letzteren entsprechenden Geschwindigkeit ertheilt wird. Der erstere Erfolg könnte nun bloss in dem ganz vereinzelter Falle eintreten, wo das betreffende materielle Theilchen sich etwa ganz genau im Schwerpunkte des Körpers befände; wir dürfen daher ganz allgemein annehmen, dass jedes materielle Theilchen eines Körpers in Folge der auf dasselbe wirkenden Anziehungen nach irgend einer Richtung mit einer gewissen Stärke sich zu bewegen strebt.

Was nun ferner den Erfolg betrifft, welchen die Wirkung der den Wärmewellen innewohnenden Kraft auf jenes materielle Theilchen hervorbringt, so sind wiederum zwei Fälle denkbar: entweder nämlich wirken die Stösse auf dasselbe in solchen Richtungen und in solchem Verhältnisse, dass sie in ihren Wirkungen einander aufheben, oder sie wirken in einer Weise, dass sie einander nicht das Gleichgewicht halten können. Im ersten Falle würde die repulsive Kraft der Wärme dem materiellen Theilchen keine Bewegung ertheilen, und folglich auch eine Temperaturveränderung keine Volumenveränderung bei den Körpern bewirken können -- eine Annahme, welche wegen ihres Widerstreites mit der Erfahrung völlig unstatthaft ist. Im letzteren Falle dagegen, wo die Wirkungen der Stösse sich gegenseitig nicht aufheben, muss das materielle Theilchen, weil es zu gleicher Zeit sich nicht nach verschiedenen Richtun-

gen hin bewegen kann, nach der Richtung einer stossweise wirkenden Kraft, welche aus den einzelnen Stössen resultirt, getrieben werden und zwar mit einer Geschwindigkeit, die der Grösse der Resultirenden entspricht.

Was nun von dem einen materiellen Theilchen gilt, gilt natürlich auch von allen übrigen. Es wird folglich jedes materielle Theilchen von der Attractivkraft nach einem im Innern des Körpers liegenden Punkte mit einer gewissen Stärke gezogen, während es die der Wärme innewohnende Repulsivkraft nach einer andern, von jener verschiedenen Richtung treibt, wie man aus der ausdehnenden Wirkung der Wärme mit Nothwendigkeit schliessen muss; denn würde das materielle Theilchen von letzterer Kraft nach gleicher Richtung, wie von der Attractivkraft bewegt, so würde vermehrte Wärme auf die Körper nicht expansiv, sondern zusammenziehend wirken, also keine Volumenvermehrung, sondern umgekehrt eine Volumenverminderung hervorbringen, was aber der Erfahrung widerstreitet. Es bleiben nun aber immer noch zwei Fälle als möglich denkbar: entweder nämlich sind die Richtungen, nach welchen das materielle Theilchen einerseits von der Attractivkraft und andererseits von der Repulsivkraft der Wärme getrieben wird, einander gerade entgegengesetzt, oder sie bilden irgend einen Winkel mit einander. Der erstere Fall hat seine Widerlegung bereits in dem gefunden, was wir oben (S. 168 ff.) gegen die Annahme einer eigenthümlichen, mit der Materie unzertrennlich verbundenen und der Attractivkraft in gerade entgegengesetzter Richtung entgegenwirkenden Repulsivkraft vorgebracht haben. Denn strebten beiderlei Kräfte das materielle Theilchen in gerade entgegengesetzten Richtungen zu bewegen, so könnte es nur dann in Ruhe verharren, wenn sie an Grösse einander vollkommen gleich wären; während es sich andern Falls im Sinne der grösseren beider Kräfte mit einer ihrem Unterschiede entsprechenden Geschwindigkeit bewegen müsste. Die materiellen Theilchen eines Körpers würden sich demnach nur bei einer bestimmten Temperatur im Gleichgewichte befinden, müssten aber bei jeder andern sich entweder nach einander hin-

bewegen und zusammenstossen, oder sich gänzlich von einander zerstreuen. Ein Grund, warum es geschehe, dass die materiellen Theilchen bei Temperaturzunahme sich nur bis zu einem gewissen Grade von einander entfernen, liesse sich bei der obigen Annahme durchaus nicht einsehen. Es bleibt also nur der letztere jener beiden Fälle als möglich und in Wirklichkeit stattfindend übrig. Wenn nun aber die Richtungen, in welchen beiderlei Kräfte ein materielles Theilchen zu bewegen streben, weder gleich, noch einander gerade entgegengesetzt sind, sondern einen Winkel mit einander bilden, so kann jenes Theilchen nicht in Ruhe verbleiben, sondern muss sich in der Richtung der aus beiderlei Kräften Resultirenden in Bewegung setzen.

Da nun Licht und Wärme in Wirklichkeit gleichartige Bewegungserscheinungen sind, also objectiv nicht als wesentlich verschieden angesehen werden dürfen, so muss auch das Licht in ähnlicher oder gleicher Weise wie die Wärme auf die materiellen Theilchen der Körper wirken. Wie es bei den Wärmewellen geschieht, so treffen auch die in das Innere der Körper dringenden Lichtwellen stets, wenn nicht sämmtlich, so doch wenigstens zum Theil auf materielle Theilchen und ertheilen diesen rasch auf einander folgende Stösse, so dass hiebei die dem Lichte innewohnende Kraft wenigstens theilweise sich in Molekularkraft umsetzt. Deshalb wird auch stets, selbst bei den allerdurchsichtigsten Körpern, die wir kennen, ein Theil der einfallenden Lichtstrahlen absorbirt, wie hinreichend durch Versuche erwiesen ist, und veranlasst ferner das Licht nicht selten sehr in die Augen fallende chemische Erscheinungen.

Den neueren Forschungen ist nun endlich auch der Nachweis gelungen, dass die electrischen und magnetischen Erscheinungen in ihrem Wesen durchaus nicht verschieden sind, sondern in der That als völlig identisch betrachtet werden müssen. Da nun ferner der electrische Strom sowohl Wärme als auch Licht erzeugt und alle diese Erscheinungen in einander übergeführt werden können und einander häufig begleiten, so darf auch die Ursache der Electricität keineswegs als von derjenigen, welche Licht und Wärme

erzeugt, gänzlich verschieden betrachtet werden, vielmehr muss der Grund auch der electricischen (magnetischen) Erscheinungen in irgendwelchen durch Stösse herbeigeführten Schwingungen liegen. Für die verwandtschaftliche Natur der Electricität mit Licht und Wärme würde überdies schon ihre ausserordentlich grosse Fortpflanzungsgeschwindigkeit — 60,000 Meilen in einer Sekunde — sprechen. Wie Licht und Wärme, so veranlasst auch die Electricität chemische Verbindungen und Zersetzungen, was nur dann möglich ist, wenn sie eine Bewegung der materiellen Theilchen verursacht.

Was für Kräfte nun auch ausser der mit der Materie unzertrennlich verbundenen Attractivkraft und der den Wärme- und Lichtwellen innewohnenden Repulsivkraft noch auf die materiellen Theilchen in den Körpern wirken mögen, so lässt sich immerhin ihre Wirkungsweise auf Zug oder Stoss, d. h. auf Attraction und Repulsion zurückführen. Wie bei der Wärme, so liesse sich nun auch hier wieder, also ganz allgemein zeigen, dass bei jedem materiellen Theilchen die Resultirende der Attractivkräfte und die Resultirende der Repulsivkräfte weder in derselben, noch in gerade entgegengesetzter Richtung, sondern unter einem Winkel wirken; wir kommen daher immer wieder zu demselben Resultate, dass nämlich die materiellen Theilchen der Körper sich nicht im Zustande der Ruhe befinden können, sondern im Zustande steter Bewegung begriffen sein müssen.

Es bliebe uns nun noch die Frage zu entscheiden übrig, was für Bahnen die materiellen Theilchen unter dem Einflusse dieser beiderlei Kräfte beschreiben müssen. Unter dem alleinigen Einflusse zweier oder mehrerer bloss momentan wirkender Kräfte würde ein materielles Theilchen eine geradlinigte Bahn mit einer ihrer Resultirenden entsprechenden Geschwindigkeit beschreiben. Wird dasselbe dagegen von einer stetig wirkenden Kraft nach einem und demselben Punkte hingezogen, und empfängt es ausserdem noch einen Stoss, so muss es, wenn keine andere Kraft

mehr darauf einwirkt, sich in einer Bahn fortbewegen, die je nach dem Verhältnisse der beiderlei Kräfte entweder eine Ellipse oder Parabel oder Hyperbel ist. Die Planeten bewegen sich aus diesem Grunde, wie Newton in mathematischer Weise nachwies, in elliptischen Bahnen um die Sonne. Da nun jedes materielle Theilchen eines Körpers dem steten Einflusse der Attraction und einer Reihe je nach Umständen sowohl an Stärke als an Zahl wechselnder Stösse ausgesetzt ist, so folgt, dass die von ihm beschriebene Bahn durchaus keine geradlinigte sein kann, sondern den **krummlinigten** angehören muss. Die Beschaffenheit der Curven jedoch lässt sich, ganz abgesehen von der Schwierigkeit, mit welcher ihre Bestimmung verknüpft ist, im Allgemeinen nicht angeben; denn dieselbe hängt ab einmal von der Grösse und dem Verhältnisse der beiderlei auf dasselbe wirkenden Kräfte, sodann von der Art und Weise, wie die Kräfte sowohl ihrer Grösse als auch ihrem gegenseitigen Verhältnisse nach in jedem Momente wechseln.

Wie es jedoch geschieht, dass in den Körpern die materiellen Theilchen in gewissen von der Temperatur abhängigen Entfernungen von einander gehalten werden, wie es kommt, dass die materiellen Theilchen sich zu einem solchen Ganzen, das wir Körper nennen, zu vereinigen im Stande sind, kann nach dem Vorausgegangenen nicht mehr schwer sein, sich im Allgemeinen richtig vorzustellen. So viel steht fest, dass, wie die Himmelskörper durch das Zusammenwirken der Centripetal- und Centrifugalkraft, so in gleicher Weise die materiellen Theilchen der irdischen Körper durch das Zusammenwirken der Attractiv- und Repulsivkraft sowohl an einem Zusammentreffen verhindert, als auch in bestimmten Entfernungen von einander gehalten werden. Dasselbe Gesetz, welches im Himmelsraume die Bewegung der Weltkörper beherrscht, beherrscht folglich auch in den Körpern die Bewegung der materiellen Theilchen, so dass also in der ganzen Natur, im Grossen wie im

Kleinen, nur ein und dasselbe Gesetz der Bewegung waltet. — Dieses Resultat, welches das harmonische Wirken und Walten der Natur im Grossen und Kleinen, welches die Harmonie der Bewegungen der materiellen Theilchen innerhalb der Körper mit den Bewegungen der Himmelskörper im grossen Weltraume erkennen lässt, ist fast zu einfach, als dass es gerade wegen seiner Einfachheit uns beim ersten Anblicke nicht überraschen sollte. Denn mit der grossen Mannigfaltigkeit der Erscheinungen, die wir an den irdischen Körpern beobachten, scheint uns diese grosse Einfachheit in der Wirkungsweise der Naturkräfte in einem entschiedenen Missverhältnisse zu stehen, da wir selbst zur Erreichung unserer Zwecke häufig nur zu künstlich zu Werke gehen und nur allzu geneigt sind, das, was wir an uns selbst beobachten, auch der Natur anzudichten; dann wagen wir im ersten Momente auch kaum, es uns als möglich oder wahrscheinlich zu denken, dass auf die kleinen materiellen Theilchen dieselben Gesetze eine Anwendung finden dürften wie auf die unendlich viel grösseren Himmelskörper, weil es uns bedünken will und auf uns den Eindruck macht, als würden dadurch jene in einen ihnen nicht gebührenden Rang erhoben. Doch prüfen wir die Voraussetzungen, von denen wir ausgegangen, und durchlaufen wir die Schlussfolgerungen, durch welche wir zu jenem Resultate geführt worden sind, so werden wir immer und immer wieder zu demselben zurückkommen müssen. Und warum sollte denn auch die Natur im Kleinen nach einem anderen Gesetze wirken, als wonach sie im Grossen wirkt? Warum sollten innerhalb der Körper die materiellen Theilchen sich durchaus im Zustande der Ruhe befinden müssen, während die Himmelskörper in steter Bewegung begriffen sind? Warum endlich sollte die Bewegung der materiellen Theilchen nach einem andern Gesetze erfolgen als die Bewegung der Himmelskörper? etwa weil diese gross und jene klein sind? Niemand darf sich erlauben zu sagen: Hier hört in der Natur das Grosse auf und beginnt das Kleine; denn Gross und Klein sind nur relative Begriffe; ein Alaunkrystall z. B. ist in Bezug auf das Planetensystem unendlich klein, im Ver-

gleiche zu einem seiner materiellen Theilchen dagegen unendlich gross.

Ohne nun die Absicht zu haben, diesen Gegenstand hier weiter zu verfolgen und alle Folgerungen aus dem gewonnenen Resultate zu ziehen, wollen wir uns doch noch einige Bemerkungen erlauben und zunächst zeigen, wie leicht sich aus einer Theorie von der Bewegung der materiellen Theilchen die Cohärenzgrade und die drei Aggregatzustände ableiten lassen.

Im Zustande der Ruhe würden sich die materiellen Theilchen nur dann befinden können, wenn die auf sie wirkenden Kräfte einander vollkommen das Gleichgewicht hielten, d. h. wenn sie sich in ihren Wirkungen gegenseitig vollständig aufheben. Wie aber unter solchen Umständen die Körper verschiedene Grade der Festigkeit oder Cohärenz besitzen sollten, lässt sich in keinerlei Weise erklären. Zudem ist die Annahme, dass die Kräfte auf die materiellen Theilchen immer in solchen Verhältnissen wirken könnten, dass sie einander das Gleichgewicht hielten, schon von vornherein nicht bloss eine im höchsten Grade unwahrscheinliche, sondern ganz entschieden falsche. Aus der gegentheiligen Ansicht dagegen, dass die auf die materiellen Theilchen wirkenden Kräfte einander in ihren Wirkungen nicht aufheben, ergiebt sich, dass die Kräfte, um sich irgendwie bethätigen zu können, die materiellen Theilchen bewegen müssen, und zwar, wie wir nachgewiesen, nicht in geradlinigten, sondern in krummlinigten Bahnen. Die Beschaffenheit der letzteren ist nun vor Allem von dem gegenseitigen Verhältnisse der attractiven und repulsiven Wirkung abhängig. Waltet nämlich jene vor, so muss das in continuirlicher Bewegung begriffene materielle Theilchen seine Bahn um einen entweder unveränderlichen oder veränderlichen Anziehungspunkt in abwechselnd grösseren und kleineren Entfernungen von ihm beschreiben; die beschriebene Bahn ist alsdann entweder eine Ellipse oder doch eine in der angegebenen Beschaffenheit mit ihr übereinstimmende Curve. Sind indess Attraction und Repulsion einander gleich, so bleibt das materielle Theilchen von dem angege-

benen Punkte stets in gleichen Entfernungen; die Bahn kann also hier je nach Umständen ein Kreis, eine Spirallinie u. s. w. sein. Hat jedoch endlich die Repulsivkraft das Uebergewicht über die Attractivkraft, so muss das materielle Theilchen sich von jenem unveränderlichen oder veränderlichen Anziehungspunkte immer weiter und weiter zu entfernen streben. Seine Bahn wird deshalb entweder eine Parabel oder Hyperbel sein oder doch eine gewisse Aehnlichkeit mit diesen Curven zeigen. Da mit jeder Aenderung in dem Verhältnisse der beiderlei Kräfte die Gestalt der beschriebenen Bahn sich ändern muss, so erkennt man, wie das materielle Theilchen sich nach und nach in höchst verschiedenen Curven bewegen kann.

Jeder Körper muss nun, wie wir bereits hinlänglich erkannt haben, als ein Verein von materiellen Theilchen, die in continuirlicher Bewegung begriffen sind, betrachtet werden. Bewegen sich diese nun in Folge eines Vorwaltens der Repulsion, in Bahnen, die entweder Parabeln oder Hyperbeln u. s. w. sind, so streben sie von ihrem Anziehungspunkte sich immer weiter und weiter zu entfernen und einen immer grösseren Raum einzunehmen; sie werden daher auch nur durch äusseren Einfluss, wie z. B. durch das sie einschliessende Gefäss oder den auf ihnen lastenden Druck, auf ein bestimmtes Volumen beschränkt. Ein Verein materieller Theilchen, die sich in einem derartigen Bewegungszustande befinden, kann nun selbstverständlich nur einen solchen Körper darstellen, den man als einen gas- oder luftförmigen bezeichnet. —

Sobald die Repulsion nicht mehr das Uebergewicht hat, bewegen sich die materiellen Theilchen nicht mehr in offenen Curven (Parabeln, Hyperbeln u. s. w.), sondern in geschlossenen (Kreisen u. s. w.); der Raum, den jedes derselben zur Beschreibung seiner Bahn beansprucht, ist mithin auch nicht mehr ein unbegrenzter, sondern ein begrenzter. In jedem gegebenen Körper sind nun die materiellen Theilchen sowohl ihrer Grösse als ihrer Anzahl nach etwas Constantes, Bleibendes; eine Veränderung in ihrer gegenseitigen Entfernung kann deshalb auch nur Folge ei-

ner Veränderung in der zwischen ihnen wirkenden Repulsion sein. Wie nun in einem Körper eines Theils bei zunehmender Repulsion die Grösse der gegenseitigen Entfernung seiner Theilchen wächst, so nimmt andern Theils die Intensität der zwischen ihnen bestehenden Attraction ab, und zwar in einem sehr raschen Verhältnisse. Es darf folglich, wofern die Attraction von der Repulsion nicht überwogen werden soll, die gegenseitige Entfernung der materiellen Theilchen, mithin auch das Volumen eines Körpers ein gewisses Maass nicht überschreiten, das heisst mit andern Worten: sobald in einem Körper die Repulsion nicht mehr das Uebergewicht hat und die materiellen Theilchen sich dem zufolge nicht in offenen, sondern in geschlossenen Curven bewegen, ist sein Volumen kein unbegrenztes, sondern ein an gewisse Grenzen gebundenes. — Wie jede andere sich bewegende Masse, so sucht auch jedes materielle Theilchen sich mit einer ihm eigenthümlichen Stärke in seiner einmal angenommenen Bahn zu behaupten, setzt also jedem Versuche es aus derselben abzulenken einen gewissen Widerstand entgegen. Eine Abänderung in der gegenseitigen Entfernung der materiellen Theilchen ist nun nicht möglich ohne eine solche in der Grösse der Attraction, also auch in dem Kräfteverhältnisse, welches die Bahnen bedingt. Mithin stösst jede Abänderung in der gegenseitigen Entfernung der materiellen Theilchen, weil sie nicht ohne eine solche in den Bahnen der letzteren vor sich gehen kann, auf einen Widerstand. Behauptung der Bahnen und Behauptung der gegenseitigen Entfernungen sind demnach auf das engste mit einander verknüpft. Es strebt also jeder nicht gasförmige Körper, d. h. ein solcher, dessen Theilchen nicht offene, sondern geschlossene Bahnen beschreiben, auch mit einer gewissen Stärke ein bestimmtes Volumen zu behaupten, und leistet jedem Versuche dasselbe abzuändern einen je nach Umständen grösseren oder geringeren Widerstand.

Obgleich nun ein Körper, dessen Theilchen sich in kreisförmigen (oder spiralförmigen) Bahnen bewegen, mit

einer gewissen Stärke sein einmal angenommenes Volumen zu behaupten strebt, so lassen sich doch, wegen des vorhandenen Gleichgewichtes zwischen Attraction und Repulsion, seine Theilchen mit der grössten Leichtigkeit verschieben, ohne, wie es bei den Gasen der Fall ist, das Streben zu besitzen, sich von einander zu entfernen. Seine Gestalt wird nicht durch ihn selbst, sondern durch äussere Einflüsse bestimmt (Gefässe, Attraction der Erde u. s. w.). Ein Körper von der angegebenen Beschaffenheit heisst ein tropfbarflüssiger.

Ein Körper endlich, dessen Theilchen sich in Folge eines Vorwaltens der Attraction in elliptischen u. s. w. Bahnen bewegen, behauptet nicht bloss mit einer gewissen Stärke ein bestimmtes Volumen, sondern setzt auch jedem Versuche, seine Theilchen von einander zu trennen, einen gewissen Widerstand entgegen, indem dieselben wegen des Vorwaltens der Attraction, sei es mehr oder weniger, stark zusammengehalten werden. Seine Gestalt wird mithin nicht mehr durch äussere Einflüsse, sondern durch die Wirksamkeit der in ihm vorhandenen Kräfte bedingt. Ein solcher Körper heisst ein starrer oder fester.

Je mehr bei einem festen Körper die Attraction gegen die Repulsion vorwaltet, desto stärker werden natürlich auch im Allgemeinen seine Theilchen zusammengehalten und desto grösser ist seine Cohärenz. Bei tropfbarflüssigen Körpern ist die Cohäsion verschwunden und bei gasförmigen an ihre Stelle Expansion getreten. Lässt man auf einen festen Körper, in dem also die Attraction gegen die Repulsion vorwaltet, die repulsiv wirkende Wärme einwirken, so wächst in ihm die Repulsion, während wegen einer gleichzeitig eintretenden grösseren gegenseitigen Entfernung der materiellen Theilchen die Attraction abnimmt. Schreitet nun die Einwirkung der Wärme so weit vor, dass Attraction und Repulsion einander das Gleichgewicht halten, so beschreiben die materiellen Theilchen kreisförmige u. s. w. Bahnen und der feste Körper geht über in einen tropfbarflüssigen; gewinnt endlich die Repulsion das Uebergewicht, so beschreiben die materiellen Theilchen offene Curven und

der Körper nimmt Gasform an. — Man erkennt hieraus, dass zwischen den drei Aggregatzuständen kein eigentlich wesentlicher, sondern nur ein gradueller Unterschied stattfindet, und sie sich zu einander verhalten etwa wie Ellipse zu Kreis zu Parabel (Hyperbel), welche Curven sich indess in einer gemeinschaftlichen Formel zusammenfassen lassen.

Von höchster Wichtigkeit für das ganze Wesen eines Körpers ist nun, wie wir uns früher oftmals überzeugten, die gegenseitige Verbindungs- und Anordnungsweise seiner in steter Bewegung begriffenen materiellen Theilchen. In welcher Weise hat man sich nun dieselbe vorzustellen? Befinden sich die materiellen Theilchen alle in durchschnittlich gleichen Entfernungen von einander, oder sind sie gruppenweise mit einander vereinigt? Der erstere Fall könnte natürlich nur dann stattfinden, wenn sämtliche materielle Theilchen eines Körpers einander völlig gleich wären, also etwa nur in den bis jetzt so genannten elementaren Körpern. Sind jedoch in einem Körper die materiellen Theilchen ungleich, so muss wegen der daraus resultirenden Ungleichheit in der Grösse der zwischen ihnen wirkenden Attraction auch sofort eine gruppenweise Anordnung erfolgen. Verbinden sich nun Körper, die eine abweichende Gruppierung ihrer materiellen Theilchen besitzen, mit einander, so können zwei oder mehrere verschiedenartige Gruppen zu einer höheren (zusammengesetzten) Gruppe zusammentreten. — Da die sämtlichen materiellen Theilchen eines Körpers einander anziehen, so muss in ihm ein Punkt vorhanden sein, nach welchem hin alle Theilchen gezogen werden, in welchem man sich also die gesamte Anziehung gleichsam vereinigt denken kann. Die Glieder einer jeden (einfachen oder zusammengesetzten) Gruppe sind unter einander wieder enger verbunden und ziehen einander folglich wegen ihrer geringeren gegenseitigen Entfernung stärker an. Es muss daher in jeder Gruppe auch wieder ein besonderer Punkt als specieller Anziehungsmittelpunkt ihrer Glieder angenommen werden. Hiernach würde die Verbindungsweise der materiellen Theilchen in den Körpern analog der Vertheilung der Weltkörper im Himmelsraume sein.

Für eine gruppenweise Anordnung der materiellen Theilchen in chemischen Verbindungen spricht nun auch schon das Verhalten letzterer gegen von aussen einwirkende Kräfte. Werden z. B. 2 Volumina Wasserstoffgas und 1 Volumen Sauerstoffgas mit einander gemischt, so behauptet jedes Gas das ihm zukommende Raumquantum, und man erhält 3 Volumina Gasgemenge. Gehen aber beide Gasarten (z. B. durch einen elektrischen Funken dazu veranlasst) eine chemische Verbindung ein, so bilden sie nicht 3, sondern nur 2 Volumina Wassergas, es hat folglich eine Verdichtung stattgefunden. Wird ferner Wasser durch einen electrischen Strom zersetzt, so entstehen wieder 2 Volumina Wasserstoff- und 1 Volumen Sauerstoffgas. Wird Wasser verdampft, so erhält man immer einen gasförmigen Körper mit den Eigenschaften des Wassers, keineswegs aber mit den Eigenschaften, welche einem Gemenge von Wasserstoff- und Sauerstoffgas zukommen. Die Repulsivkraft der Wärme wirkt also auf die zu Wasser vereinigten materiellen Theilchen des Wasserstoffs und Sauerstoffs in anderer Weise, als wenn dieselben ein blosses Gemenge bilden. Der Grund hiervon kann natürlich nur darin gesucht werden, dass dort die Wärme auf Gruppen von Wasserstoff und Sauerstoff, hier dagegen unmittelbar auf Wasserstoff- und Sauerstofftheilchen als solche einwirkt. — Wird ferner kohlensaurer Kalk der Glühhitze ausgesetzt, so entweicht Kohlensäure als gasförmiger Körper, Kalk dagegen bleibt im festen Zustande zurück. Zwei Drittel des vorhandenen Sauerstoffs führen den an sich nicht zu verflüchtigenden Kohlenstoff in Gasform mit weg, während das letzte Drittel Sauerstoff mit dem bei nicht sehr hoher Temperatur an sich flüchtigen Calcium einen festen Rückstand bildet. Der Grund, weshalb beim Erhitzen des kohlensauren Kalkes nicht aller Sauerstoff flüchtig wird, kann nur darin liegen, dass zwei Drittel desselben in anderer Weise gebunden sind als das letzte Drittel; oder der Grund, weshalb der Kohlenstoff nicht einen festen Rückstand bildet und nicht aller Sauerstoff gasförmig wird, kann nur darin gesucht werden, dass die Wärme auf die

materiellen Theilchen nicht als auf isolirte, sondern als auf gruppenweise verbundene einwirkt. — Was diese Beispiele lehren, wird bestätigt durch eine Vergleichung der Eigenschaften einer jeden andern chemischen Verbindung mit den Eigenschaften ihrer Bestandtheile.

Welchen Charakter die Somatologie und die wissenschaftliche Chemie in Zukunft annehmen werden, lässt sich nach den von uns gewonnenen Resultaten kaum noch verkennen. Denn die Art und Weise, wie ein Gegenstand, dessen Wesen erforscht werden soll, wissenschaftlich zu behandeln ist, hängt im Allgemeinen, wenn die Untersuchungen zum erwünschten Ziele hinführen sollen, nicht etwa von einer zufälligen Laune der Forscher, sondern von der Beschaffenheit des zu behandelnden Gegenstandes selbst ab. Lagern nun in den Körpern die materiellen Theilchen nicht an einander, sondern werden sie in gewissen, obschon stetig wechselnden Abständen von einander gehalten, befinden sie sich nicht im Zustande der Ruhe, sondern in dem steter Bewegung, sind sie nicht alle gleichmässig vertheilt, sondern gruppenweise mit einander vereinigt, so besteht zwischen Körpern und Sonnensystemen ganz offenbar die grösste Analogie. Da nun ferner mit der Grösse oder dem Gewichte der materiellen Theilchen, ihren gegenseitigen Entfernungen, ihrer Verbindungsweise und der Beschaffenheit ihrer Bahnen das Wesen der Körper im innigsten Causalnexus steht, so werden die Somatologie und die wissenschaftliche Chemie künftig auch alle diese Momente in genaue Untersuchung zu ziehen haben. Die wissenschaftliche Behandlungsweise der Körper in somatologischer und chemischer Hinsicht wird demgemäss vorzugsweise einen mathematischen Charakter annehmen müssen, und zwar in der Weise, dass die Somatologie und Chemie einerseits und die Astronomie andererseits sich in der Hauptsache als im hohen Grade nahe verwandte wissenschaftliche Disciplinen erweisen.

Für mikromechanische Untersuchungen wäre es nun vor allem wünschenwerth zu wissen, ob die materiellen Theilchen thatsächlich untheilbar, also Atome sind oder nicht,

wie sich ihre Gewichte zu einander verhalten, und ob unsere so genannten chemischen Elemente in der That elementare Körper sind oder nicht. Diese für die Mikromechanik so äusserst wichtigen Fragen werde ich in einem Werke, das ich demnächst zu veröffentlichen gedenke, zu beantworten suchen.

Berichtigungen.

Seite	4	Zeile	19 v. o.	statt ein emdringenden	lies einem dringenden
„	5	„	9 v. u.	„ Lebens des	„ Lebens, des
„	19	„	9 v. u.	„ vor	„ von
„	64	„	11 v. o.	„ den	„ die Werthe des

Verzeichnis

Verzeichnis der in der Sammlung befindlichen
Bücher, welche in der Bibliothek
des Herrn von ...
zu ...
aufbewahrt werden.

Hofmann, J. V.

Somatologie oder Lehre von der inneren Beschaffenheit der Körper auf Grund einer vergleichenden Betrachtung der chemischen, morphologischen und physikalischen Eigenschaften derselben Mit 12 in den Text eingedruckten Holzschnitten

Göttingen 1863

Phys.sp. 302 u

urn:nbn:de:bvb:12-bsb10133922-8